

Jere Ilvesluoto

## **PIIRILEVYJEN YLEISTESTERI**

## **PIIRILEVYJEN YLEISTESTERI**

Jere Ilvesluoto  
Opinnäytetyö  
Kevät 2017  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma, tuotantotalous

---

Tekijä: Jere Ilvesluoto  
Opinnäytetyön nimi: Piirilevyjen yleistesteri  
Työn ohjaaja: Jari Viitala  
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2017  
Sivumäärä: 33 + 11 liitettä

---

Opinnäytetyössä suunniteltiin yleiskäyttöinen piirilevytesterit Ele-One Oy:lle sekä valmistettiin suunnitellusta testeristä prototyyppi. Tavoitteena oli mahdollistaa pienien piirilevysarjojen testaus mahdollisimman pienin kustannuksin.

Opinnäytetyössä käydään läpi elektroniikkateollisuuden yleisesti käyttämiä testaus- ja tarkastusmenetelmiä sekä tuotantotestausta yleisesti. Mekaniikkasuunnittelussa sovellettiin systemaattisen metodin hyväksi todettuja käytäntöjä, kuten vaatimuslistaa. Suunnittelussa käytettiin apuna Autodesk Inventor 3D -suunnittelu- ja simulointiohjelmia. Työhön kuului myös miettiä kehitysehdotuksia testerille.

Suunnittelun tuloksena saatiin kriteerien mukainen testerit, joka on helppokäyttöinen ja edullinen valmistaa. Testerit on myös pitkälle standardisoitu, mikä helpottaa tulevaisuudessa tehtäviä, tuotekohtaisia muutoksia. Testeristä tehtiin valmistuskuvat, joiden perusteella valmistettiin prototyyppi. Lopuksi testerille mietittiin myös jatkokehitysideoita, kuten osittaista automatisointia tietokoneohjelman avulla.

---

Asiasanat: tuotannon testaus, piirilevytestaus, yleistesterit, neulapeti

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	6
1.1 Ele-One Oy	6
1.2 Työn tavoitteet	6
2 TUOTANTOTESTAUS	7
2.1 Syyt testaamiselle	7
2.2 Testauksen työvaiheet	7
2.3 Tuotantokeskeinen laatu	8
2.4 Testaamisen kustannukset	9
3 YLEISIÄ TESTAUSMENETELMIÄ	10
3.1 In Circuit Testing	10
3.2 Flying Probe	11
3.3 Automaattinen optinen tarkastus	12
3.4 Automaattinen läpivalaisutarkastus	13
3.5 Funktionaalinen testaus	13
4 TESTAUSYKSIKÖN SUUNNITTELU JA VALMISTUS	15
4.1 Vaatimusten määrittely ja lähtötilanne	15
4.2 Testausmenetelmän valinta	15
4.3 Testattavuussuunnittelu	16
4.4 DFT:n toteutus Ele-One Oy:ssä	17
4.5 Toleranssianalyysi	18
4.6 Systemaattinen koneensuunnittelu	19
4.7 Mekanismin valinta	20
4.8 Materiaalin valinta	22
4.9 Käytettävät osat	23
4.9.1 Liittimet	23
4.9.2 Kytkimet	24
4.9.3 Testineulat	26
4.9.4 Ohjuritapit	26
4.9.5 Ledit	27

4.9.6 Destaco	28
4.10 Testausyksikön rakenne	28
4.11 Piikkipedin suunnittelu	29
5 TOIMINTA JA KEHITYSEHDOTUKSET	31
6 YHTEENVETO	33
LÄHTEET	34
LIITTEET	37

# 1 JOHDANTO

Työssä suunnitellaan piirilevyille yleiskäyttöinen testeri, jota Ele-One Oy voisi käyttää piirilevyjen piensarjojen testauksessa. Testeristä suunnitellaan edullisesti valmistettava testausalusta, jolla voi testata erilaisia piirilevyjä pienillä muutoksilla. Työ tehdään Kempeleessä toimivalle Ele-One Oy:lle.

## 1.1 Ele-One Oy

Ele-One Oy on vuonna 1997 perustettu yritys, joka palvelee yrityksiä, jotka tarvitsevat elektroniikkatuotteiden valmistuksessa pieniä ja keskisuuria valmistus-eriä. Ele-Onelle tärkeitä asioita ovat kotimainen valmistus, hyvä asiakaspalvelu ja laadukkaat tuotteet. (1.)

## 1.2 Työn tavoitteet

Työssä suunnitellaan testerin mekaniikka sekä selvitetään testerissä käytettävät materiaalit ja komponentit siten, että testeri olisi helppokäyttöinen ja edullinen valmistaa. Testerillä pyritään mittaamaan piirilevyn keskeiset toiminnot ja tarvittaessa ohjelmoimaan tuote. Suunnitelman pohjalta valmistetaan testeri olemassa olevalle tuotteelle ja sen käyttö dokumentoidaan. Testerille mietitään myös mahdollisia jatkokehitystoimenpiteitä.

## 2 TUOTANTOTESTAUS

Tuotantotestaus on laadunvarmistusprosessi, jonka tavoitteena on estää virheellisten tuotteiden toimittaminen asiakkaalle. Hyvin toteutettu tuotantotestaus on kulurakenteeltaan kohtuullinen ja mahdollisimman kattava. Testauksella varmistetaan laitteen suunniteltu toimivuus. Laadunhallinnalla yritys pyrkii parantamaan toimintaansa siten, että asiakas saisi sellaisen tuotteen, joka on riittävän laadukas. Elektroniikan piirilevytuotannon laatuvaatimukset on määritelty IPC-A-610-standardissa. Tuotteiden laadulla on suuri merkitys yrityksen maineelle ja menestykselle. (2.)

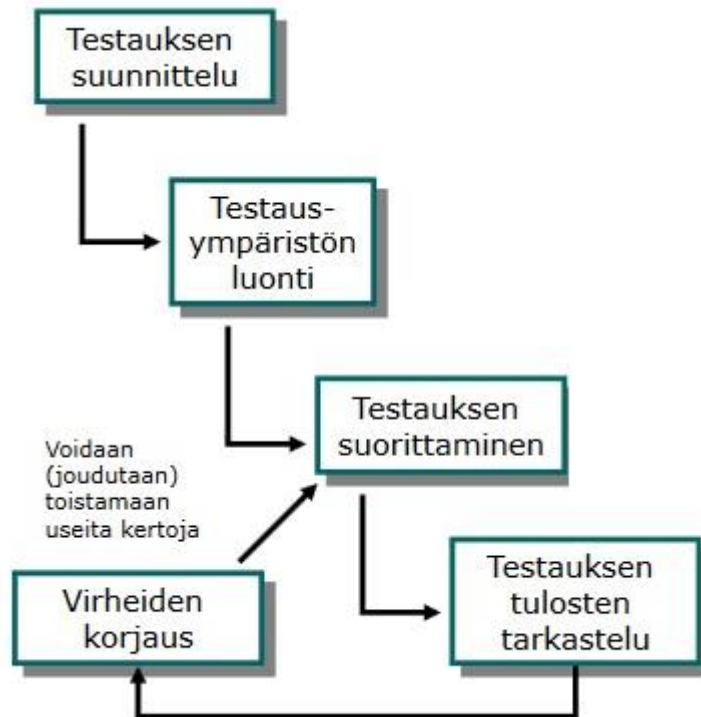
### 2.1 Syyt testaamiselle

Testauksella pyritään löytämään mahdolliset viat tai virheet testattavasta tuotteesta ja sillä pyritään saavuttamaan haluttu laatutaso, jonka asiakas on määritellyt. Lisäksi testaus tuo lisäarvoa markkinoille, joissa laatu ja laitteiden luotettavuus ovat tärkeässä osassa. (3, s. 7.)

### 2.2 Testauksen työvaiheet

Tuotannontestaus jakaantuu viiteen työvaiheeseen. Työvaiheita ovat testauksen suunnittelu, testausympäristön luonti, testauksen suorittaminen, testaustulosten tarkastelu ja virheiden korjaus. (Kuva 1.) Testaussuunnitelmaa tehdessä mietitään,

- mitä testataan
- milloin testataan
- ketkä testaavat
- missä testataan
- mitkä ovat testauksen hyväksymiskriteerit
- mitkä ovat testauksen keskeyttämiskriteerit.



KUVA 1. Testauksen työvaiheet (4)

Testausympäristöä luotaessa asennetaan tarvittavat ohjelmistot ja laitteet sekä esimerkiksi määritellään käyttäjät ja syötetään testiaineisto järjestelmään. Testausta suoritettaessa etsitään tuotteesta virheitä, kirjataan virheet muistiin testipäiväkirjaan tai virhetietokantaan sekä kirjoitetaan testipöytäkirjaa. Testauksen tulosten tarkastelussa käydään läpi testipäiväkirja tai virhetietokanta ja kirjoitetaan yhteenveto eli testiraportti. Tämän jälkeen pyritään korjaamaan tuotteen virheet jos mahdollista, minkä jälkeen testaus suoritetaan tuotteelle uudestaan. (4.)

### 2.3 Tuotantokeskeinen laatu

Laadusta on neljä eri näkökulmaa: tuotanto-, suunnittelu-, asiakas- ja systeemi-keskeinen laatu. Jokainen näkökulma on oma ilmiö, johon liittyy joukko tavoitteita. Tavoitteiden tiellä on ongelmia, joita ratkomalla päästään parempaan laatuun. Tuotantokeskeisessä laadussa tarkasteltava ilmiö on virheettömyys. Siihen liittyvät ongelmat ovat virheistä aiheutuvat sosiaaliset, tekniset ja taloudelliset kustannukset, joiden mittarina voidaan pitää virheiden määrää. Voidaan



esimerkiksi laskea virheellisten tuotteiden, komponenttien ja työvaiheiden lukumäärää ja muuttaa se menetetyiksi euroiksi tai toimitusten viivästymiseksi ja sitä kautta tyytymättömien asiakkaiden lukumääräksi. (5, s. 28 - 31.)

Tuotantokeskeisen laadun tavoite on virheettömyys. Tämä on kuitenkin useimmiten saavuttamattomissa ainakin järkevissä kustannusrajoissa, koska on järkevämpää tuottaa vähän viallisia tuotteita ja korvata ne asiakkaalle kuin pyrkiä virheettömyyteen. (5, s. 28 - 31.)

## **2.4 Testaamisen kustannukset**

Palokangas (6, s. 13) siteeraa Kokkomäen kurssimateriaalia, jossa todetaan testauksen kustannuksien jakaantuvan muuttuviin ja kiinteisiin kustannuksiin. Kiinteisiin kustannuksiin kuuluvat testauksen suunnittelu, testilaitteiden hankinta ja käyttöönotto sekä henkilöstön koulutus laitteiden käyttöön ja itse testin ajamiseen. Kaikki kiinteät kustannukset ovat kertaluontoisia. Muuttuvat kustannukset koostuvat testaukseen tarvittavan henkilöstön palkasta, testauslaitteiden ylläpidosta ja henkilöstön jatkokoulutuksesta. Muuttuvat kustannukset ovat jatkuvia, ja niitä syntyy niin kauan kuin testaamista suoritetaan. (6, s. 13.)

## 3 YLEISIÄ TESTAUSMENETELMIÄ

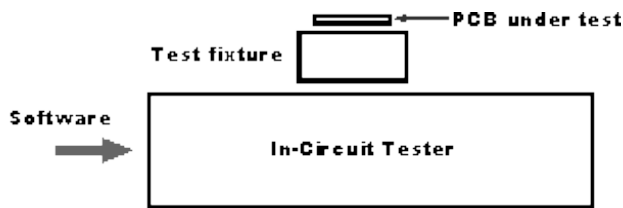
### 3.1 In Circuit Testing

In Circuit Testing (ICT, neulapetitestausta) on testaustapa, jossa piirilevy liitetään testauslaitteeseen testineulojen avulla (kuva 2). Pääasiallisesti ICT-testausmenetelmää käytetään elektroniikkakortilla olevien yksittäisten komponenttien sähköisten arvojen sekä toiminnan tarkastamiseen. ICT-menetelmällä ei testata laitteen toimivuutta, vaan sillä pyritään löytämään tuotannossa syntyneet viat. ICT-testausmenetelmä on tehokkaimmillaan, kun testataan suuria sarjoja samaa tuotetta. (7.)



*KUVA 1. Neulapetitesteri (8)*

ICT-testauslaitteiston rakenne (kuva 3) koostuu testilaitteesta ja siihen liitettävästä, tuotekohtaisesta neulapetiyksiköstä. Neulapetitestauksen etu on mahdollisuus testata piirilevyjä ilman käyttöjännitettä. Haittapuolena on tarvittavien neulapetien määrä, koska jokainen erilainen piirilevy tarvitsee omanlaisen neulapetinsä. Testauksessa pyritään testaamaan komponenttien oikosulut, eheys, avoimet juotokset, oikosulut sekä passiivisten komponenttien arvot. (7.)

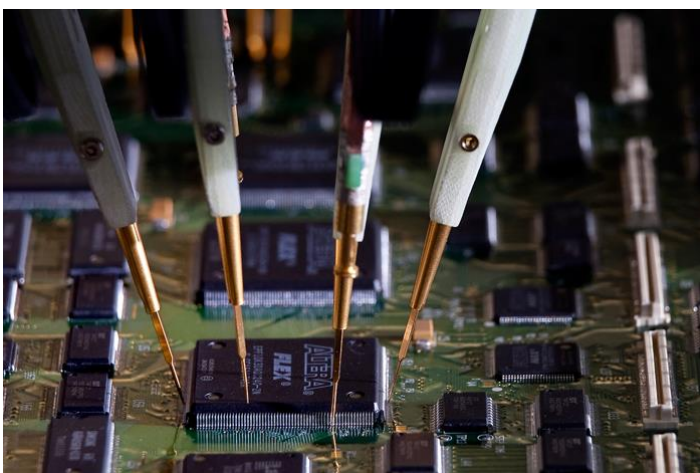


KUVA 2. ICT-testauslaitteiston rakenne (7)

Neulapetitestausta on hyvä ja edullinen tapa testata oikosulut sekä komponenttien eheys ja arvot. Testausmenetelmä on myös edullinen. Yksi suunniteltavan testerin kriteereistä on edullisuus.

### 3.2 Flying Probe

Flying Probe on kuin neulapetitestausta ilman kiinteää neulapetiä (kuva 4). Piirilevy on kiinni alustassa, ja yksi tai useampi neula liikkuu pitkin piirilevyä eräänlaisen käsivarren päässä haluttuihin kohtiin. Flying Probe -testausmenetelmän etu verrattuna neulapetitestaukseen on siinä se, ettei se tarvitse erilaista neulapetiä eri piirilevyille, vaan siinä voidaan muutokset tehdä ohjelmoimalla laitteet uudelleen eri piirilevyille. Testauslaitteet ovat kuitenkin kalliita ja testaaminen on huomattavasti hitaampaa kuin esimerkiksi neulapetitestausta. Sen takia Flying Probe -testausmenetelmä on hyvä pienille sarjamäärille, mutta huonompi sitten isoille volyyymeille. (9.)



KUVA 3. Flying Probe -testausmenetelmä (10)

Flying Probe -testausmenetelmä on oiva tapa testata samat asiat kuin neulapetitestaustuksessa. Se on helposti muunneltavissa erilaisille piirilevyille ohjelmoimalla laite uudelleen. Yksi opinnäytetyön kriteereistä oli, että testerillä on mahdollista testata erilaisia piirilevyjä pienien ja edullisten muutoksien avulla.

### 3.3 Automaattinen optinen tarkastus

Automaattinen optinen tarkastus (AOI, automatic optical inspection) on konenäköön perustuva optinen testausmenetelmä, jota käytetään piirilevyjen kunnon, kokoonpanon ja laadun varmistamiseen. AOI pystyy havaita visuaalisia virheitä, kuten komponenttien sijoittelua tai puuttuvia osia. Tarkastus perustuu siihen, että testikohteesta saatavaa kuvaa verrataan alkuperäiseen, virheettömään tuotteen referenssikuvaan. Tämän jälkeen vertailulogiikka joko hyväksyy tai hylkää tuotteen. (11.)

AOI-testauslaite (kuva 5) sijaitsee yleensä tuotantolinjassa ennen juotosuunia tai heti sen jälkeen. Se suositellaan kuitenkin sijoittamaan juotosuunin jälkeen, koska juotosuunissa voi syntyä vikoja. Täten vikojen löytäminen on mahdollista aikaisessa vaiheessa tuotantoa. (11.)



*KUVA 4. Symbion S-36 -AOI -testauslaite (12)*

Automaattinen optinen tarkastus on hyvä menetelmä piirilevyn kokoonpanon tarkastukseen. Myös komponenttien ulkoinen eheys voidaan tarkastaa kyseisellä menetelmällä.

### 3.4 Automaattinen läpivalaisutarkastus

Automaattinen läpivalaisutarkastus (AXI, automatic x-ray inspection) on samantapainen kuin AOI-menetelmä, mutta se läpivalaisee kohteen. AXI-laitteistolla (kuva 6) pystytään tutkimaan elektroniikkakorttien sisäisiä rakenteita. AXI soveltuu erityisesti juotosliitosten ja oikosulkujen tarkastamiseen. Tarkastuksen hyväksyminen tapahtuu vertaamalla alkuperäistä virheetöntä kuvaa tarkastettavan tuotteen referenssikuvaan. (13.)



*KUVA 5. ViTrox V810 AXI -testauslaite (14)*

Läpivalaisutarkastus on hyvä menetelmä oikosulkujen ja juotosliitosten tarkastamiseen. Käytännössä samat asiat voi kuitenkin testata myös neulapetitestauksella. Opinnäytetyössä suunniteltavassa testerissä tulee olla mahdollisuus testata oikosulut ja juotosliitokset. Yksi tapa siihen voisi olla läpivalaisutarkastus.

### 3.5 Funktionaalinen testaus

Funktionaalisen eli toiminnallisen testauksen tarkoitus on selvittää, onko testattava laite annettujen spesifikaatioiden mukainen. Funktionaalissa testauksessa DUT:iin (device under test, mitattava laite), syötetään heräte ja mitataan herätteen synnyttämä vaste. Funktionaalinen testaus antaa tuloksena joko hyväksytyn tai hylätyn. Tämän takia virheiden löytäminen ilman muita testejä on

vaikeaa. Ideaali tilanne funktionaaliselle testaukselle on suorittaa se tuotantolinjan viimeisenä, jolloin muilla testeillä on voitu varmistaa, että laite on vapaa esimerkiksi kokoonpanovirheistä. (15.)

Opinnäytetyössä suunniteltavassa testerissä tulee olla mahdollisuus funktionaaliselle testaukselle. Siinä tulee testata tuotteista riippuen mm. ledien syttymistä halutuissa tilanteissa tai äänen kuulumista.

## 4 TESTAUSYKSIKÖN SUUNNITTELU JA VALMISTUS

### 4.1 Vaatimusten määrittely ja lähtötilanne

Testausyksikön suunnittelu lähti liikkeelle testauskustannusten takia. Lähtötilanteessa jokaiselle piirilevyille valmistettiin oma testeri, joka kasvatti testauskustannukset liian suuriksi. Tästä johtuen joissakin tapauksissa testaus oli kannattavampaa ulkoistaa. Ennen projektin aloitusta määriteltiin testausyksikön kriteerit ja tavoitteet projektille.

Uusien tuotteiden testaamiseen vaadittavien laitteiden valmistus ja muutokset olivat kalliita ja työläitä, joten testaukselle alettiin miettiä uusia ratkaisuja. Ideana oli valmistaa yleistesteri piirilevyille, joka olisi mahdollisimman edullinen valmistaa sekä pitkälle standardisoitu. Uusien piirilevyjen testaamiseen tarvittavien muutosten tulisi olla helppoja toteuttaa, eivätkä ne saisi aiheuttaisi suuria kustannuksia.

### 4.2 Testausmenetelmän valinta

Tuotteen testaukseen on erilaisia testausmenetelmiä, joita esiteltiin työn luvussa 3. Suunniteltavalla testerillä piirilevyiltä tulisi kyetä testaamaan oikosulut, komponenttien toimivuus, haluttuja toiminnallisia testejä kuten ledien syttymisiä tai äänen kuulumista. Lisäksi testeistä tulisi saada selville myös kokoonpanovirheet.

Halutut testaukset voitaisiin suorittaa neulapetitestauksella, Flying Probe -testausmenetelmällä, funktionaalisella testauksella ja optisella tarkastuksella. Opinnäytetyössä suunniteltavan testerin kriteereinä oli edullinen valmistus ja muunneltavuus pienin kustannuksin.

Kriteerit karsivat pois Flying Probe -testausmenetelmän, joka on kallis laitteiden hinnan vuoksi. Automaattiset optiset laitteet ovat kalliita eikä niitä voi testerissä käyttää, mutta pienien eräkokojen takia tarkastus voidaan suorittaa silmämääräisesti vertaamalla piirilevyjä kokoonpanokuvaan.

Testausmenetelmänä tullaan käyttämään neulapetitestausta ja tätä pyritään kehittämään siten, että se olisi muunneltavissa erilaisille piirilevyille mahdollisimman vähäisillä kustannuksilla. Lisäksi testineulojen kautta voidaan suorittaa halutut toiminnalliset testit valittujen testipadien kautta. Myös piirilevyssä sijaitsevia liittimiä voidaan käyttää apuna toiminnalliseen testaukseen.

### 4.3 Testattavuussuunnittelu

Elektroniikkatuotteita pitää pystyä testaamaan sekä tuotekehityksen aikana että valmistuksen jälkeen, jotta voidaan varmistua tuotteiden laadusta ja toiminnasta. Jotta testaaminen tulisi onnistumaan hyvin ja kaikki tarvittavat testit pystytään suorittamaan, tulisi testattavuudesta huolehtia jo tuotekehitysvaiheessa. (16.)

Testattavuussuunnittelulla (DFT, Design For Testability) halutaan välttää suunnittelemasta tuotetta, jota ei tuotekehityksen ja valmistuksen jälkeen pystytä testaamaan kunnolla. Testattavuussuunnittelu ei ole rakettitiedettä, vaan periaatteessa valikoima yksinkertaisia ratkaisuja. (16.)

Testattavuussuunnittelu on sisällytettävä mukaan tuotekehitykseen jo alusta asti (kuva 7). Usein huomataan liian myöhään jokin asia, johon ei enää päästä vaikuttamaan, mutta joka olisi ollut helposti toteutettavissa tuotekehityksen alkuvaiheessa. Testattavuussuunnittelu ei juurikaan vaadi muutoksia tuotteeseen, ja monet ratkaisut ovat lähestulkoon ilmaisia, kunhan ne vain otetaan riittävän ajoissa huomioon. (16.)



KUVA 6. Testaussuunnittelun prosessi, alempana suositeltava malli (16)



Hyvä testattavuussuunnittelu on myös taloudellisesti kannattavaa. Huono tai tekemätön testattavuussuunnittelu voi johtaa hyvin kalliisiin ratkaisuihin. Voi olla, että joudutaan hankkimaan kallis mittalaite tai tekemään monimutkainen mekaaninen rakenne, jotta edes tärkeimmät osat saadaan testattua. Kun tuote on hyvin suunniteltu myös testausta silmällä pitäen, ei tarvita esimerkiksi kalliita ja erikoisia mittalaitteita vaan testit saadaan suoritettua jo olemassa olevilla mittalaitteilla ja kalustolla. Lisäksi mittaustulokset ovat luotettavimpia ja niitä voidaan analysoida paremmin. Samalla saavutetaan myös parempi testikattavuus ja saadaan paremmin tietoa esimerkiksi tuotantoprosessin laadusta. (16.)

Hyvällä suunnittelulla kaikki piirilevyn ja valmiin tuotteen osa-alueet tulevat testatuiksi. Niin ei välttämättä tapahdu, jos kukaan ei mieti testattavuusasioita etukäteen. (16.)

#### **4.4 DFT:n toteutus Ele-One Oy:ssä**

Ele-One Oy saa antaa asiakkaalle tuotesuunnitteluun liittyviä toiveita. Testaamisessa huomioon otettavia asioita piirilevyissä ovat testipisteet, kohdistusreiät ja piirilevyn äärimitat. Piirilevyn pitäisi mahtua testeriin, joten äärimitat piirilevyllä saisi olla maksimissaan 200x100 mm, jotta piirilevyn saisi vielä kiinnitettyä testeriin Destaco-kiinnittimillä.

Kohdistusreikiä piirilevyssä pitää olla vähintään kolme, jotta levy saadaan testeriin hyvin kiinni, mutta neljä reikää olisi parempi. Jos kohdistusreikiä on neljä, reiät tulee sijoittaa piirilevyn nurkkiin symmetrisesti. Jos reikiä on taas kolme, reistä kaksi tulee sijoittaa nurkkiin samalla laidalle levyä ja kolmas reikä piirilevyn vastakkaiseen laitaan keskelle levyä. Kohdistus reikien tulisi valita kolmesta eri koosta, jotta kohdistus tappeja piirilevyille ei tarvitse valmistaa useita. Kohdistusreikien koot tulisi olla 2 mm / 2,5 mm / 3 mm. Kohdistusreikä voi olla joko pinnoitettu tai pinnoittamaton.

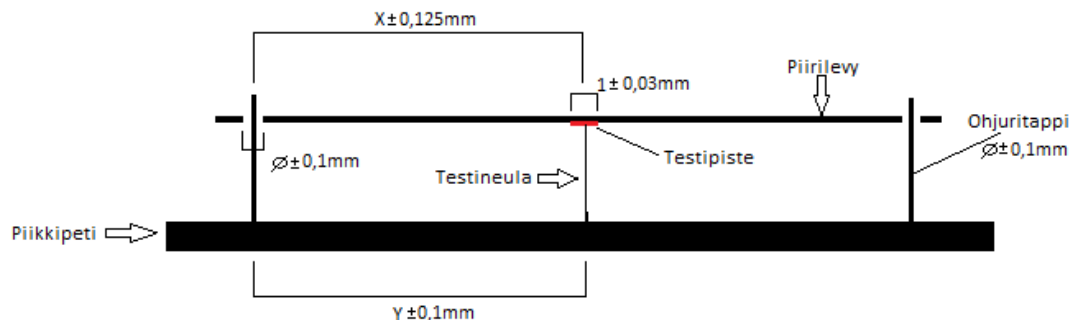
Testipadit tulisi sijoittaa levyn samalle puolelle, jotta piirilevyn voisi testata testerrissä. Jos testipadeja sijoitetaan ryhmiin, testipadien keskipisteiden etäisyys x ja y suunnassa tulee olla 0,05, 0,1, 0,2 tuumaa tai 1,0 tai 2,0 millimetriä. Nämä

mitat ovat yleisimpien käytössä olevien liittimien rasterit. Testipadit tulisi sijoitella levyille siten, että ne olisivat tasaisesti jakautuneet ympäri levyä, jotta levy pysyisi suorassa painettaessa testineuloja vasten. Testipadien halkaisija tulisi olla 0,5–1,0 mm.

#### 4.5 Toleranssianalyysi

Osissa, komponenteissa ja laitteissa on aina epätarkkuutta, eli komponenttia ei voi valmistaa nimellismittaansa. Mitä tarkemmalla toleranssilla osa valmistetaan, sitä kalliimpaa valmistus on. Tämän takia valmistus on suunniteltava optimoitusti siten, että se on tasapainoteltu riittävän hyvän ja halvan välillä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että tuotteesta on löydettävä ne kohdat, jotka vaativat tarkan toleranssin ja ne kohdat jotka taas sallivat epätarkan toleranssin. Näin tuote saadaan valmistettua mahdollisimman pienin kustannuksin. (17, s. 1 - 2.)

Tärkeässä roolissa testilaitteen toiminnan kannalta on, että testineulan kärki osuu piirilevyssä olevaan testipisteeseen. Toleranssiketju testipisteestä testineulaan muodostuu kuvan 8 mukaisesti.



KUVA 7. Toleranssianalyysi

Vaatus toleransseille saadaan, kun lasketaan toleranssiketju yhteen, eli käytetään Worst Case -menetelmää. Worst Case (WC) eli ääritapaus on perinteisesti ja yleisesti käytetty menetelmä, jossa kaikki ketjun toleranssit lasketaan yhteen. Näin saadaan pahin mahdollinen heitto toleranssiketjun sisällä. Tämän avulla tiedetään, osuuko testineula testipisteeseen aina. (17, s. 1 - 15.)

Huomioon otetaan koneistetun testipiikkijigin toleranssit, piirilevyn toleranssit sekä ohjuritappien toleranssit. Piirilevyllä sijaitsevan testipisteen paikkatoleranssi on 0,1 mm, piirilevyn kohdistusreiän halkaisijatoleranssi on 0,1 mm josta vaikuttaa vain puolet. Ohjuritapin halkaisijan toleranssi on 0,1 mm sekä koneistuksesta aiheutuva mittatoleranssi testineulan ja ohjuritapin välillä on 0,1 mm. Nämä yhdessä muodostaa WC-skenaarion, joka on 0,35 mm. Kun testipisteen koko on 1 mm ja toleranssin huomioon ottaen se voi pienimmillään olla 0,97 mm, voidaan todeta toleranssin olevan riittävä, koska testineula osuu testipisteeseen pahimmassakin tapauksessa.

#### **4.6 Systemaattinen koneensuunnittelu**

Lähtökohtana koneensuunnittelulle pidetään tuotteen hyvää toimivuutta koneelle suunnitellussa tehtävässä, sekä direktiivien mukaisuutta. Suunnittelijalta vaaditaan monesti nopeaa ja tuottavaa suunnittelua, mutta samalla pitäisi myös pystyä luomaan jotakin uutta ja erilaista. Koska nämä vaatimukset ovat osittain ristiriidassa keskenään, on kehitetty erilaisia menetelmiä päästä haluttuun tavoitteeseen. Systemaattinen metodi (VDI 2222), jossa edetään järjestelmällisesti käyttäen hyväksi metodiin kuuluvia suunnittelutyökaluja. Sitten on intuitiivisia metodeja (Aivorihi, Metodi 635), jotka pohjautuvat ihmisen alitajunnan hyödyntämiseen suunnittelussa. (18, s. 29 – 33.). Tässä opinnäytetyössä suunnittelun apuna käytettiin systemaattista metodologiaa.

##### **Systemaattinen metodi**

Systemaattinen metodi VDI2222 on kehitetty vanhojen metodien ja tutkimusten pohjalta Saksassa. Metodin tarkoituksena oli tehostaa koneensuunnittelua ja luomaan yleinen konstruktointioppi alalle. (19, s. 17.) Sen perusperiaatteena on edetä järjestelmällisesti käyttäen hyväksi metodiin kuuluvia suunnittelutyökaluja. Kehitettävälle tuotteelle tehdään vaatimuslista, joka on yrityksen sisäinen luettelo kaikista vaatimuksista ja toivomuksista, jotka halutaan toteuttaa. Listassa on tarkoitus jäsentää vaatimukset eri luokkiin. Kiinteät vaatimukset (KV) tulee toteuttaa joka tilanteessa, vähimmäisvaatimukset (VV) on täytettävä tiettyyn vähimmäisarvoon asti ja toivomukset (T) toteutetaan mahdollisuuksien mukaan. (18, s. 80.)

Vaatimuslistan laatimisen jälkeen jaetaan kokonaistoiminnot osatoimintoihin ja osatoiminnoille pyritään keksimään ratkaisuja. Tämän jälkeen osatoimintojen ratkaisuja yhdistetään ja valitut ratkaisuyhdistelmät saatetaan konkreettiseen muotoon, jonka jälkeen ne arvostellaan sijoittamalla ratkaisut valintataulukkoon, jossa on mukana painokertoimilla varustetut arvostelukriteerit. (18, s. 83 - 94.)

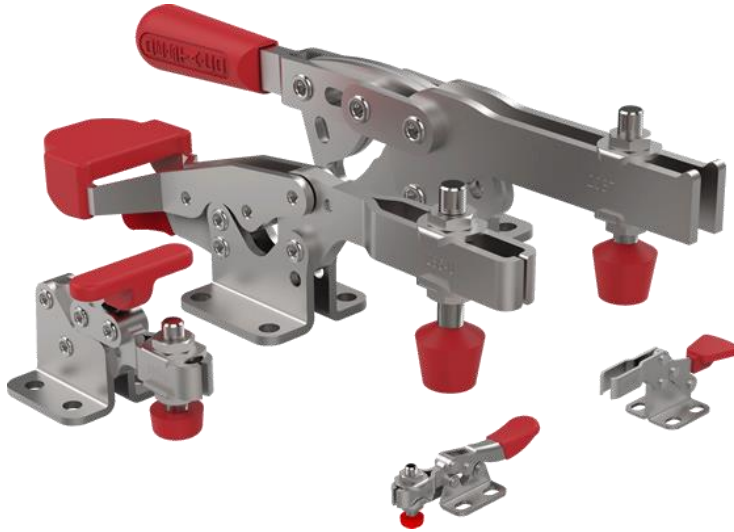
#### 4.7 Mekanismin valinta

Piirilevyn kiinnitystä testeriin miettiessä luotiin vaatimuslista (taulukko 1), johon kerättiin vaatimukset mitä kiinnittimelle oli määritelty. Vaatimuksille annettiin myös painoarvot helpottamaan suunnittelua.

*TAULUKKO 1. Kiinnitysmekanismin vaatimuslista*

KV VV T	Vaatus
KV	<b>1. Geometria</b>
KV	-Kiinnittimen on mahduttava piikkipetilevylle piirilevyn lisäksi (tilaa 3x3cm).
KV	-Kiinnittimen on ulotuttava painamaan piirilevyä keskikohdalta, jotta piirilevylle syntyy tasainen paine testineuloja vasten.
KV	<b>2. Voimat</b>
KV	-Kiinnittimen on painettava piirilevy tarpeeksi suurella voimmalla testineuloja vasten, jotta kontakti piirilevyn ja testineulojen välille syntyy.
VV	<b>3. Energia</b>
VV	-Käyttöenergiana lihasenergia.
VV	<b>4.Valmistus</b>
VV	- Yksinkertainen rakenne.
KV	<b>5.Käyttö</b>
KV	-Kiinnitintä pystyttävä käyttää useassa erilaisessa piirilevyssä pienin muutoksin.
T	-Muutokset on pystyttävä suorittamaan käsityökaluilla.
T	<b>6.Kustannukset</b>
T	-Valmistuskustannukset mahd. edulliset.

Vaatimuslistan pohjalta alettiin miettiä ratkaisuja piirilevyn kiinnitykselle. Ratkaisuja keksittiin kaksi kappaletta, joista toinen (kuva 9) oli destaco vaakapuristin, joita asetetaan yksi tai useampi kappale riippuen piirilevyn koosta ja muodosta testipiikkijigiin.



*KUVA 8. Destaco-vaakapuristin (20)*

Toinen ratkaisu (kuva 10) oli mekaaninen puristin, joka toimii epäkeskokahvan avulla. Testipiikkijigiin lisätään liukutangot, joiden varassa toinen muovilevy liikkuu liukuholkkien avulla. Liukutankojen välillä on akseli, jossa on epäkeskokahva, joka koostuu kahdesta palasta ja niiden välillä olevasta kierretangosta. Kahvaa kääntämällä ylempi muovilevy laskeutuu ja painaa piirilevyn testipiikkejä vasten.



*KUVA 9. Epäkeskopuristin*

Opinnäytetyössä oli tarkoitus valmistaa testeri eräälle piirilevyille, joten ratkaisua miettiessä mietittiin kumpi tapa olisi parempi tähän tilanteeseen. Destaco painin täyttää vaatimukset hyvin. Se on edullinen, painaa piirilevyä tarpeeksi suurella voimalla ja sitä pystyy käyttämään monessa erilaisessa piirilevyssä. Opinnäytetyössä valmistettavaan testeriin valittiin destaco painin.

Epäkeskoperiaatteella toimiva puristin on taas helppokäyttöisempi, mutta kalliimpi valmistaa. Sekä sitä joutuisi muuttamaan aina erilaisia piirilevyjä testatessa. Kuitenkin kyseinen ratkaisu sopisi paremmin isokokoisia piirilevyjä testatessa, kuin destaco painin.

#### **4.8 Materiaalin valinta**

Materiaalille kriteereinä ovat hyvä työstettävyys, kestävyys sekä esd ominaisuudet. Materiaalin pitää purkaa staattinen sähkö pois laitteesta, jotta se ei vahingoita testattavaa piirilevyä. Lähelle kriteereitä sopivia muovimateriaaleja ovat POM-C sekä POM AST muovit.

POM-C on polyasetaalia, jonka parhaita ominaisuuksia ovat pieni kitkakerroin ja hyvä kulutuskestävyys, lisäksi se on myös erittäin mittatarkka. POM-C omaa

myös erinomaisen työstettävyyden. Ominaisia käyttökohteita sille on elektroniikkateollisuuden sovellukset, puolijohdeteollisuuden sovellukset, kaivosteollisuuden sovellukset ja matkapuhelinteollisuuden sovellukset. (21.)

POM AST -muovia on antistaattista polyasetalia (POM-C). Materiaali on erinomainen valinta elektroniikkateollisuuden käyttöön sen ominaisuuksien takia. Sen pintavastus on  $10^{10} \Omega$  ja ominaisvastus  $10^9 \Omega$ , eli materiaalin antama vastus sähkövirralle on oikeanlainen. Lisäksi POM-AST omaa erinomaisen mekaanisen lujuuden, on mittatarkka ja erinomaisesti työstettävä. (22.)

Molemmat muovit sopivat ominaisuuksiltaan testerin materiaaliksi. POM-C on todettu käytännössä toimivaksi ja sitä on käytetty samantapaisissa tilanteissa myös aiemmin. ESD-ominaisuuksia vaadittaessa kuitenkin suositellaan käyttämään POM-AST muovia, joka purkaa staattisen sähkö paremmin pois laitteesta alhaisemman pinta- ja ominaisvastuksensa takia. Molempia muovimateriaaleja suomessa toimittaa esimerkiksi Aikolon.

#### **4.9 Käytettävät osat**

Testerissä käytettävät osat pyritään valitsemaan hinnan ja saatavuuden mukaan. Toimittajina käytetään pääosin toimittajia, joilta Ele-One tilaa tavaraa muutenkin.

##### **4.9.1 Liittimet**

Testerissä tarvitaan paljon erilaisia kytkimiä ja liittimiä. Jotta testeriin saadaan liitettyä jännitelähde ja yleismittari, tarvitaan banaaniliittimiä. Banaaniliittimenä käytetään Multi-Contactin valmistamaa 4 mm:n banaaniliitintä, joka on helppo kiinnittää paneeliin. Liittimiä tarvitaan sekä mustana ja punaisena. Tekninen tietomake banaaniliittimille on liitteessä 2. Kyseiset banaaniliittimet löytyvät Farnell Oy:ltä tuotekoodilla (suluissa tilauskoodi)

- 23.3020-21 (1085482)
- 23.3020-22 (1085482).

Lisäksi testeriin tarvitaan ohjelmointi mahdollisuus, joka luodaan laittamalla testeriin piikkirimoja, joiden avulla testeri voidaan liittää esim. tietokoneeseen. Piikkirimojen avulla voidaan tarvittaessa myös suorittaa ulkoista ohjausta, esim. herätteen tuonti toiselta laitteelta. Liittiminä käytetään Wurth Elektronikin valmistamia 2,54 mm THT liittimiä sekä yksi- että kaksirivisinä. Tekniset tietolomakkeet liittimille ovat liitteessä 3 ja 4. Tilauskoodit liittimille ovat

- 61301011121 (yksirivinen 10pin)
- 61304021121 (kaksirivinen 40pin).

#### 4.9.2 Kytkimet

Testeriin tarvitaan erilaisia kytkimiä esimerkiksi käyttöjännitteen hallintaan ja oikosulkujen tekemiseen. Testerissä käytetään erilaisia kytkimiä kuten painokytkimiä, vaihtokytkimiä ja kiertokytkimiä. Painokytkimeksi valittiin Multicompin valmistama R13-509A-05 kytkin (kuva 11). Kytkin sopii testeriin paneeliliitännänsä ansiosta. Kytkintä on saatavilla punaisella ja mustalla napilla. Tekninen tietolomake painokytkimelle on liitteessä 5. Tuotekoodit kytkimille ovat (suluissa tilauskoodi)

- R13-509A-05-BB (1634682)
- R13-509A-05-BR (1634684).



KUVA 11. Painokytkin (23)

Vaihtokytkimeksi valittiin Multicompin valmistama 2MS1T1B5M2RE kytkin (kuva 12). Tekninen tietolomake vaihtokytkimelle on liitteessä 6. Kytkimessä on paneeliliitäntä, jonka avulla se saadaan helposti liitettyä testeriin. Tuotekoodi kytkimelle on (suluissa tilauskoodi)



- 2MS1T1B5M2RE (9473041).



*KUVA 12. Vaihtokytkin (24)*

Kiertokytkin ei tule valmistettavaan testeriin, mutta tarvittaessa voidaan käyttää Lorlin valmistamaa 4-vaiheista kiertokytkintä CK1051 (kuva 17). Kiertokytkin voidaan liittää testeriin jonkin ledin paikalle esim. liimaamalla. Tuotekoodi kiertokytkimelle on (suluissa tilauskoodi)

- CK1051 (1123697).



*KUVA 13. Kiertokytkin (25)*

Kaikki kytkimet on valittu Farnell Oy:ltä, koska Ele-One Oy tilaa sieltä paljon muutenkin tavaraa ja se on edullinen pienissä määrissä.

### 4.9.3 Testineulat

Neulapetitestauksessa käytetään Feinmetallin valmistamia F100-sarjan testineuloja. F100-sarja neulat ovat yleisesti käytettyjä neuloja 100 mil:in sovelluksiin. Kyseiset neulat ovat käytännössä kestäviksi ja laadukkaiksi havaitut. Testineuloja on saatavilla monilla erilaisilla kärkityypeillä, mutta testerissä tullaan käyttämään kuvan 14 mukaisia kärkityyppejä. Kärkityyppi valitaan siten, että mitaamisessa käytetään terävää kärkeä ja virransyöttöön sekä paremman kontaktin tarpeeseen käytetään muita kärkityyppejä.



*KUVA 14. Testineulojen kärkityypit (26)*

Testineulat tilataan suomalaiselta Perel Oy:ltä hinnan ja helpon saatavuuden takia. Tuotekoodit käytettäville testineuloille ovat

- F100.06B.250.G.300
- F100.14B.150.G.200
- F100.33S.090.P.300HP.

Testineuloille tarvittavat rungot täytyvät olla sellaisia, joihin saa juotettua johdon kiinni helposti. Tähän sopi Feinmetallin valmistamat H100-sarjan rungot, joista käytetään tuotekoodilla H100.LA/2.0 löytyvää runkoa. Joissakin tapauksissa testineula voidaan asentaa ilman kantaa esim. tilanpuutteen takia. Tekninen tietomake testineuloille ja rungoille on liitteessä 7.

### 4.9.4 Ohjuritapit

Ohjuritappeina piirilevyille käytetään Panduitin valmistamia harness board naita (kuva 15). Nämä ovat edullisia ja näitä on hyvin saatavilla. Sopivat hyvin

ohjuritapeiksi mittatarkkuutensa ja kokonsa takia. Kohdistusreikien kokojen ollessa 2 mm / 2,5 mm / 3 mm käytetään ohjuritappina aina 0,1mm ohuempaa tappia.



*KUVA 15. Ohjuritapit (27)*

Mouser Electronics toimittaa kyseisiä nauloja ja tuotekoodit niille ovat

- 644-HBN1-T
- 644-HBN2-T
- 644-HBN2.5-T.

Tekninen tietolomake ohjuritapeille on liitteessä 8.

#### **4.9.5 Ledit**

Tarvittavat ledit ja led-pidikkeet tilataan TME Oy:ltä. Ledit ovat Liteonin valmistamia vihreitä 5mm ledejä ja löytyvät TME:ltä tuotekoodilla LTL2R3KGD-EM.

Tekninen tuotetietolomake löytyy liitteestä 9.

Ledi saadaan kiinnitettyä testeriin LED-pidikkeellä. TME:ltä löytyy Signal-Constructin valmistama pidike tuotekoodilla SMQ1089. Tekninen tuotetietolomake löytyy liitteestä 10.

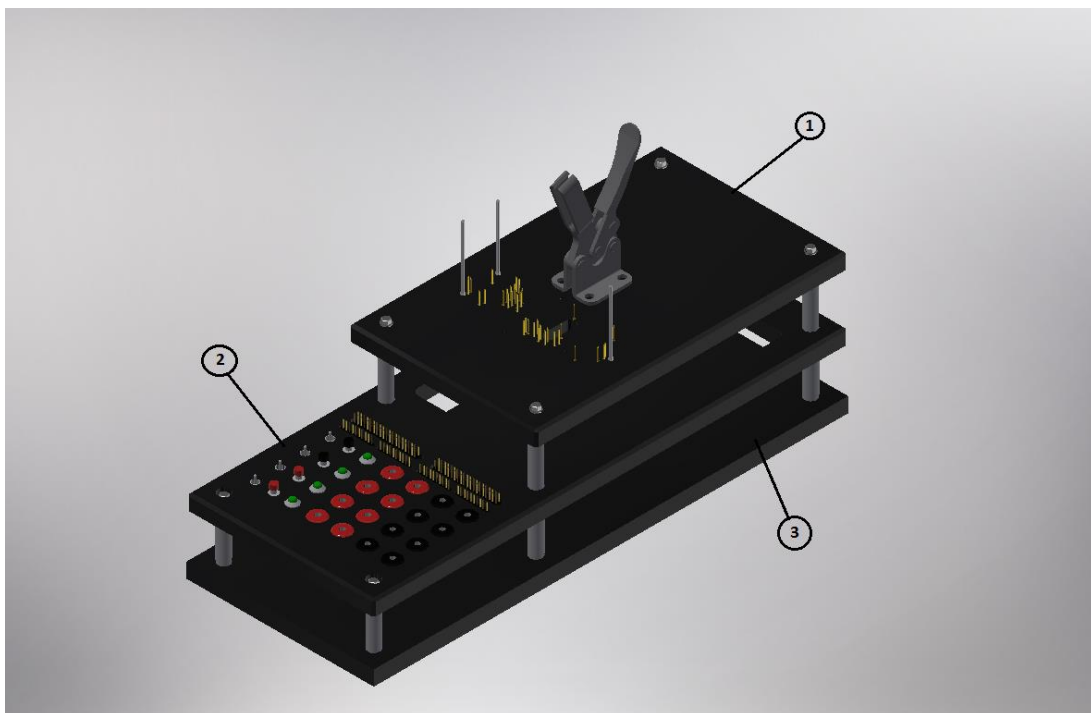
#### 4.9.6 Destaco

Destaco vaakapuristinta (kuva 9) käytetään piirilevyn painamiseen testipiikkejä vasten. Suomessa Destaco vaakapuristimia toimittaa Teräskonttori. Vaakapuristimia voidaan käyttää erikokoisia tilanteesta riippuen. Isommille piirilevyille isompia puristimia ja pienemmille taas pienempiä. Tekninen tietolomake Destacoille on liitteessä 11. Tuotekoodit destacoille ovat (suluissa malli)

- 29810220 (213-U Vaakapuristin)
- 29810240 (215-U Vaakapuristin)
- 29810265 (217-U Vaakapuristin).

#### 4.10 Testausyksikön rakenne

Testausyksikkö koostuu kolmesta levystä, pohjalevystä, välilevystä ja testipiikkijigistä (kuva 16). Piirustukset ovat liitteessä 1.



KUVA 16. Yleistesteri: 1) testipiikkijigi, 2) välilevy, 3) pohjalevy

Pohjalevy (kuva 16, osa 3) on tukirakenne ja se ei ole testerin toiminnan kannalta merkittävä. Sen avulla saadaan kuitenkin väli pohjalevyn ja välilevyn väliin, jossa testipiikkijigiltä välilevyllä sijaitseviin liittimiin kulkevat johdot ovat suojassa. Pohjalevyssä on kuusi paikkaa korotusruuveille, joiden päälle välilevy saadaan kiinnitettyä tukevasti.

Välilevyyn (kuva 16, osa 2) sijoitetaan kaikki kytkimet, liittimet ja led-valot, mitä tarvitaan piirilevyn testaamisessa. Välilevyllä sijaitsee myös paikat korotusruuveille jotka tulevat pohjalevyn sekä välilevyn väliin ja välilevyn ja testipiikkijigin väliin. Välilevyssä oleva suuri reikä on johtoja varten jotka tulevat testipiikkijigiltä välilevyllä sijaitseviin liittimiin.

Testipiikkijigiin (kuva 16, osa1) tulevat testipiikit, testipiikkien rungot, ohjuritapit sekä mekanismi jolla piirilevy painetaan testineuloja vasten. Mekanismi tässä tapauksessa on Destaco painin.

#### **4.11 Piikkipedin suunnittelu**

Ainoa tuotekohtainen osa testerissä on piikkipeti. Eri piirilevyillä testipisteet sijaitsevat eri paikoissa ja tästä johtuen erilaisille piirilevyille on suunniteltava oma piikkipeti. Piikkipeti on standardikokoinen 150mmx250mm. Työkalukustannusten minimoimiseksi piikkipeti on suunniteltava yhdeltä puolelta koneistettavaksi.

Piirilevyllä sijaitsevat testipisteet saadaan siirrettyä CAD-malliin DWG tai DXF tiedoston avulla. CAD ohjelmassa luodaan taso, jolle DWG tai DXF kuva tuodaan. Tämän jälkeen kuva määritellään lisäämällä mitat pisteiden välille. Tämä tapahtuu valitsemalla piirilevystä yksi kohdistusreikä, jota käytetään nollapisteenä. Tästä nollapistestä mitoitetaan kaikki muut testipisteet sekä kohdistusreiät x- ja y-suunnassa.

DWG tai DXF kuvaa tuodessa CAD-malliin tulee huomioida mittayksiköt. CAD-ohjelma saattaa asetuksista riippuen muuttaa mittayksiköt milleistä tuumiksi ja tämä voi skaalata kuvan väärin mittasuhteisiin. Myös mittakaava on tarkastettava, jottei käy niin että esimerkiksi 1:2 mittakaavassa olevasta mallin projekti-

osta otetaan DXF kuva (jolloin CAD-ohjelmasta riippuen saattaa tulla 1:2 mittakaavassa oleva DXF), eli mitat pitää aina tarkastaa. Lisäksi kuvassa olevien reikien kokojen muuntelu, ennen kuin kuva on täysin määritelty skaalaa kuvaa. DWG tai DXF kuva voi olla myös peilikuva, joten kuvaa tuodessa tulee olla huolellinen, että kuva on oikeinpäin. Sketsi sijoitetaan mahdollisimman lähelle testi-piikkijigin vasenta laitaa, jotta testipiikeistä liittimiin kulkevat johdot saadaan mahdollisimman lyhyiksi.

Piikkipetiin porattavien reikien minimietäisyyteen vaikuttaa käytettävä reikäkoko. Reiän halkaisijan ollessa 1,7 mm, tulee reikien keskipisteiden etäisyys olla vähintään 1,9 mm. Jos reiät ovat liian lähellä toisiaan, voi piikkipetiin asennettavien runkojen kaulukset koskettaa toisiaan, joka aiheuttaa oikosulun. Tämä tulee tarkastaa kaikista toisiaan lähellä olevista reistä. Tällä saadaan poistettua mahdollinen oikosulun vaara. Toisiaan liian lähellä olevia reikiä voi siirtää 0,1 mm pois päin toisesta reiästä, jotta minimi etäisyys saavutettaisiin. Jos reiän siirto ei auta tarpeeksi, voidaan testipiikki asentaa ilman runkoa, jolloin reiän koko on 1,3 mm.

### **Suunnittelutyökalu**

Piikkipedin suunnittelussa käytettiin Autodeskin kehittämää Autodesk Inventor 2017, joka on ammattilaistason 3D-CAD-ohjelmisto simulointiin, reititettyjen järjestelmien suunnitteluun ja työkaluvalmistukseen. Autodesk Inventor on saatavilla Autodeskin sivuilta joko kuukauden, vuoden, kahden vuoden tai kolmen vuoden mittaisilla lisensseillä. (28.)

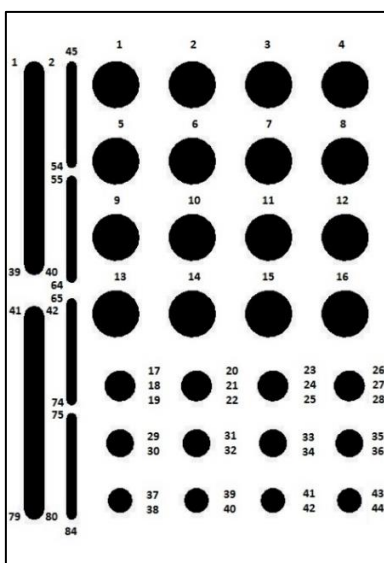
Vaihtoehtoisesti suunnitteluun voidaan myös käyttää esim. Autodesk Fusion 360 ohjelmaa, joka on myös Autodeskin kehittämä. Se on ensimmäinen 3D CAD-, CAM- ja CAE-työkalu, joka on pilvipohjaisella alustalla ja toimii sekä MAC:llä sekä PC:llä. Fusion 360 on ilmainen opiskelijoille, harrastelijoille sekä vuodeksi yrityksille jotka tekevät alle 100 000 Yhdysvaltain dollarin tulosta vuodessa. Vuoden jälkeen voidaan jatkaa ilmaislisenssillä, jos yrityksen tulot ovat vieläkin alle 100 000 Yhdysvaltain dollaria tai siirtyä kaupalliseen käyttöön. Fusion 360 on saatavilla suoraan Autodeskin nettisivuilta. (29.)

## 5 TOIMINTA JA KEHITYSEHDOTUKSET

Piirilevyn yleistesteriä suunnitellessa tuli vastaan lähinnä yksi ongelma. Piirilevyn testipisteet olivat saatavilla vain gerber-kuvina ja näiden siirto CAD-ohjelmaan oli ongelmallista. Kun gerber-tiedostoa yritti muuntaa DWG tai DXF-tiedostoksi, skaalaus meni yleensä pieleen. Piirilevyn suunnittelijat kuitenkin toimittivat DXF-kuvan, jonka avulla saatiin tehtyä sketsi CAD-ohjelmaan. Muuten suunnittelu sujui aika ongelmitta ja muutoksia suunnittelun aikana tehtiin vain liittimien lukumäärään.

Levyt yleistesteriin valmistettiin koneistamalla ja siinä jouduttiin piikkilevy valmistamaan kerran uudelleen reikien koon takia. Aluksi testipiikeille porattiin liian ahtaat reiät ja reikien suurennus ei onnistunut, koska niitä suurennettiin liian korkeilla kierroksilla ja reiät sulivat.

Testerin kasaus sujui ongelmitta, mutta kasaus vaiheessa huomattiin, että testerin vaatii numerokoodauksen liittimille. Tämä ongelma ratkaistiin valmistamalla tarra, joka liimataan välilevyyn (kuva 17). Tarrassa on paikka jokaiselle liittimille ja kytkimelle sekä niille kuuluvat numerokoodit. Tarran avulla voidaan valmistaa työkohtainen ohje, joka kertoo mihin testipisteeseen mikäkin liitin tai kytkin on yhteydessä.

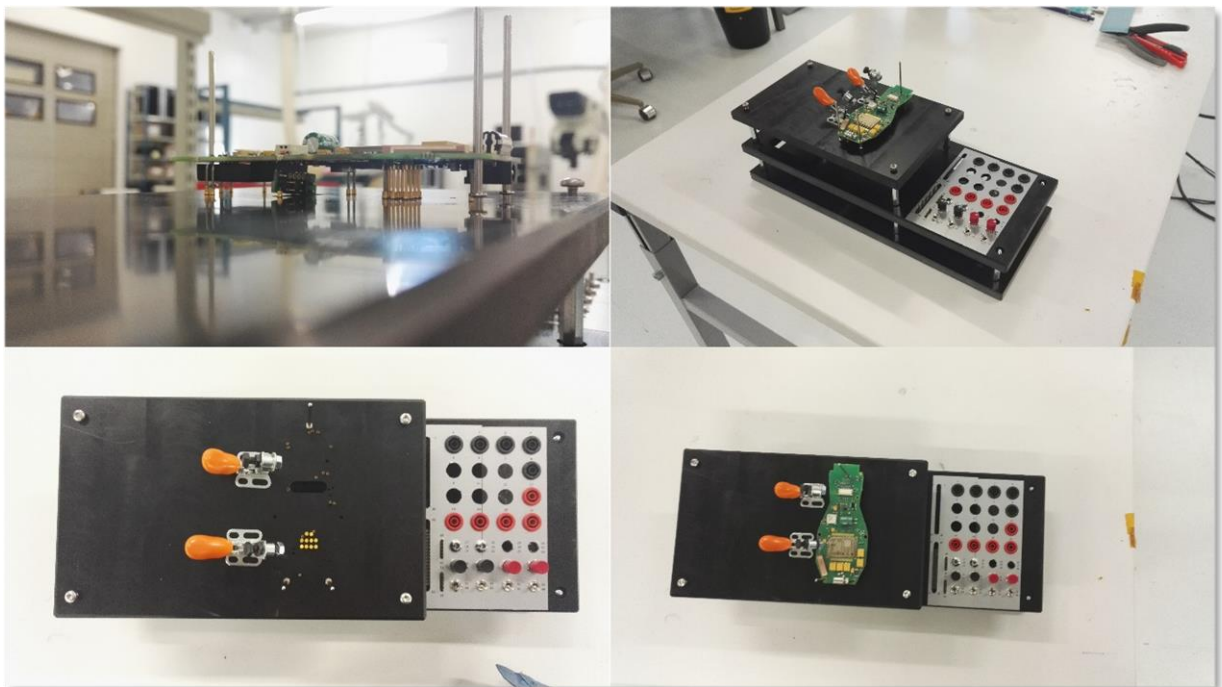


KUVA 17. Tarra liittimille ja kytkimille.

Kehitysehdotuksia testerille huomattiin muutama. Piirilevyt toimitetaan ja valmistetaan usein siten, että piirilevy sijaitsee paneelilla, jossa on monta muutakin piirilevyä. Testerin voisi suunnitella siten, että voidaan testata tällainen piirilevypaneeli kerralla. Tämä vaatii lisää suunnittelua mekaniikalta ja kytkennöiltä. Lisäksi pitää suunnitella keino testausvuorossa olevan piirilevyn valintaan.

Testeriin voisi suunnitella myös osittaista automatisointia tietokoneohjelman ja skriptien avulla. Tämän avulla voitaisiin automaattisesti ohjelmoida piirilevy, antaa sille sarjanumero ja tulostaa tarra, jos sellaisen piirilevyyn tarvitsee. Myös testaustiedot ja tulokset saataisiin siirrettyä automaattisesti haluttuun paikkaan.

Tällä hetkellä testerissä voidaan testata piirilevy vain toiselta puolelta (kuva 18). Jos piirilevyllä sijaitsee testipisteitä molemmilla puolilla, testaus ei onnistu. Tätä ominaisuutta voisi kehittää esim. käyttämällä työssä aiemmin esiteltyä epäkeskopuristinta apuna käyttäen. Levyille jolla epäkeskopuristin painaa piirilevyn testipiikkejä vasten, voitaisiin sijoittaa testipiikkejä. Näin saataisiin tarvittaessa testausmahdollisuus piirilevyn molemmiin puoliin.



KUVA 18. Yleistesteri.



## 6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli piirilevyjen yleistesterin suunnittelu. Tuloksena saadut valmistuspiirustukset löytyvät liitteestä 1 opinnäytetyön lopusta. Kaikista osista ei ole esitetty täydellisiä valmistuspiirustuksia, koska kaikkien mittojen merkkäminen kuviin tekisi niistä sekavia. Mittoja ei tarvita kuitenkaan CNC-ohjatussa koneella valmistettaviin osiin, koska ohjelma työstökoneeseen tehdään 3D-mallin pohjalta. Kuvissa näkyvät kuitenkin äärimitat ja muut tarvittavat mitat, jotta on helpompi hahmottaa kappaleiden koko ja suunnitella niiden valmistus.

Opinnäytetyön aihe oli laaja eikä vastannut täysin koulutustani. Siksi en pystynyt paneutumaan kaikkiin osa-alueisiin niin tarkasti kuin olisin halunnut. Työn tekeminen oli alusta asti haastavaa ja vaati asiaan paneutumista, koska suuri osa asioista, joita työssä tuli ottaa huomioon, ei liittynyt opintoihini. Työn edistyessä oppi kuitenkin uusia asioita, joka piti yllä mielenkiintoa työtä kohtaan.

Projektin oli tarkoitus valmistua 30.4.2017 mennessä, mutta aikataulusta myöhästettiin hieman. Testeri suunniteltiin kriteerien mukaisesti ja tilaaja hyväksyi sen sellaisenaan. Yleiskäyttöisen testerin suunnittelu on tuotekohtaisen testerin suunnittelua haastavampaa. Suunnittelussa tulee ottaa huomioon paljon myös tulevaisuudenkin tarpeita. Testerin rakenne tulee suunnitella siten, että se on mahdollisimman pitkälle standardisoitu, jotta tulevaisuudessa aiheutuvien muutosten kustannukset olisivat mahdollisimman pienet. Valmiiseen, hyvin suunniteltuun yleiskäyttöiseen testilaitteeseen voidaan lisätä testimahdollisuus uudelle piirilevyille helposti ja kustannustehokkaasti.

## LÄHTEET

1. Ele-One Oy. Saatavissa: <http://www.eleone.fi> Hakupäivä 21.2.2017.
2. Johdanto laadunhallinnan ISO 9000 -standardeihin. 2016. Powerpoint-linkki. Helsinki: Suomen Standardisoimis liitto SFS ry. Saatavissa: [http://www.sfsedu.fi/opetusaineistot/hallintajarjestelmat\\_ja\\_johtaminen/laatu](http://www.sfsedu.fi/opetusaineistot/hallintajarjestelmat_ja_johtaminen/laatu) Hakupäivä 21.2.2017.
3. Crouch, Alfred 1999. Design for test for digital IC's and embedded core systems. New Jersey: Prentice-Hall Inc.
4. Virkkala, Ritva 2017. K1044TK Laatu järjestelmät, testaus ja katselmointi. Opintojakson oppimateriaali keväällä 2017. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu.
5. Lillrank, Paul 1998. Laatu ajattelu: Laadun filosofia, tekniikka ja johtaminen tietoyhteiskunnassa. Keuruu: Otava.
6. Palokangas, Lasse 2012. Tuotannon testauksen kehittäminen. Opinnäytetyö. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, tietotekniikan koulutusohjelma. Saatavissa: [https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/42162/Palokangas\\_Lasse.pdf?sequence=1](https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/42162/Palokangas_Lasse.pdf?sequence=1) Hakupäivä 12.5.2017
7. Poole, Ian. ICT, In Circuit Test Tutorial. Radio-Electronics. Saatavissa: [http://www.radio-electronics.com/info/t\\_and\\_m/ate/ict-in-circuit-test-tutorial.php](http://www.radio-electronics.com/info/t_and_m/ate/ict-in-circuit-test-tutorial.php) Hakupäivä 21.1.2017.
8. SPEA 3030 Operatorless Test Cell. Maximum competitiveness, maximum savings. SPEA S.P.A. Saatavissa: <http://www.spea.com/Portals/0/SPEA-NewsTemplates/Generic.aspx?pltemId=268&pModuleId=845&pViewType=AllPress> Hakupäivä 15.5.2017.
9. Poole, Ian. Flying probe in-circuit testing. Radio-Electronics. Saatavissa: [http://www.radio-electronics.com/info/t\\_and\\_m/ate/flying-probe-tester-testing.php](http://www.radio-electronics.com/info/t_and_m/ate/flying-probe-tester-testing.php) Hakupäivä 21.1.2017.

10. Flying Probe Test Services. Flying Test Systems Ltd. Saatavissa: <http://www.flyingtest.co.uk/flying-probe-test/4583135909> Hakupäivä 15.5.2017.
11. Poole, Ian. Automatic optical inspection, AOI systems. Radio-Electronics. Saatavissa: [http://www.radio-electronics.com/info/t\\_and\\_m/ate/aoi-automatic-automated-optical-inspection.php](http://www.radio-electronics.com/info/t_and_m/ate/aoi-automatic-automated-optical-inspection.php) Hakupäivä: 21.1.2017
12. Orbotech Symbion S36. SMTnet. Saatavissa: [http://www.smt-net.com/mart/index.cfm?fuseaction=view\\_item&item\\_id=94985](http://www.smt-net.com/mart/index.cfm?fuseaction=view_item&item_id=94985) Hakupäivä 15.15.2017.
13. Poole, Ian. Automated X-Ray Inspection AXI for PCB & BGA. Radio-Electronics. Saatavissa: [http://www.radio-electronics.com/info/t\\_and\\_m/ate/automated-x-ray-inspection-pcb-bga.php](http://www.radio-electronics.com/info/t_and_m/ate/automated-x-ray-inspection-pcb-bga.php) Hakupäivä 21.2.2017
14. MPI Realizes Outstanding Benefits from ViTrox's V810 Standard AXI System. 2015. VITROX CORPORATION BERHAD. Saatavissa: <http://www.vitrox.com/news/news-11-aug-15-mpi-outstanding-vitrox-v810-standard-axi-system.php> Hakupäivä 15.5.2017.
15. Functional Test. Speedboard Assembly Services Ltd. Saatavissa: <http://www.speedboard.co.uk/test-inspection/functional-test> Hakupäivä: 21.1.2017
16. Koski, Vesa 2016. DFT – Muista kaksi asiaa. Etteplan. Saatavissa: <http://www.etteplaniot.com/-/dft-remember-two-things> Hakupäivä: 11.4.2017
17. Viitala, Jari. Toleranssianalyysi. Perusteita. Luentomateriaali. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, konetekniikan koulutusohjelma.
18. Tuomaala, J. 1995. Luova koneensuunnittelu. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.
19. Gerhard, P & Wolfgang, B. 1990. Koneensuunnitteluoppi. 2. painos. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.

20. Horizontal Hold-Down Clamps. Destaco. Saatavissa: <http://www.destaco.com/horizontal-hold-down-clamps.html> Hakupäivä 15.5.2017.
21. POM-C. 2015. Aikolon Oy. Saatavissa: <http://www.aikolon.fi/tuotteet/tekni-set-muovit/pom-c> Hakupäivä 15.5.2017.
22. POM AST. 2015. Aikolon Oy. Saatavissa: <http://www.aikolon.fi/tuotteet/tekni-set-muovit/pom-ast> Hakupäivä 15.5.2017.
23. MULTICOMP R13-509A-05-BB Pushbutton Switch. Premier Farnell Limited. Saatavissa: <http://fi.farnell.com/multicomp/r13-509a-05-bb/switch-spst-no-mom-black-3a/dp/1634682?MER=sy-me-pd-mi-alte> Hakupäivä 24.5.2017.
24. ULTICOMP 2MS1T1B5M2RE Toggle Switch. Premier Farnell Limited. Saatavissa: <http://fi.farnell.com/multicomp/2ms1t1b5m2re/switch-spdt-0-1a-20v-on-on/dp/9473041?CMP=i-bf9f-00001000> Hakupäivä 24.5.2017.
25. LORLIN CK1051 Rotary Switch. Premier Farnell Limited. Saatavissa: <http://fi.farnell.com/lorlin/ck1051/switch-3pole-4-pos-0-15a-250v/dp/1123697?CMP=i-bf9f-00001000> Hakupäivä 24.5.2017.
26. ICT/FCT Probes. 2015. Datalehti, s. 26 - 28. Feinnmetal.
27. HBN2-T Panduit. Mouser Electronics, Inc. Saatavissa: <http://www.mouser.fi/ProductDetail/Panduit/HBN2-T/?qs=sGAEpiM-ZZMt5bLT1twLkemDRIYFXm9gEI5TFrljYvEM%3d> Hakupäivä 24.5.2017.
28. Inventor-tilaus. Autodesk, Inc. Saatavissa: <https://www.autodesk.fi/products/inventor/subscribe> Hakupäivä 24.5.2017
29. Cloud Powered 3D CAD/CAM Software for Product Design. Autodesk, Inc. Saatavissa: <https://www.autodesk.com/products/fusion-360/overview> Hakupäivä 24.5.2017

## **LIITTEET**

Liite 1 Piirustukset yleistesteriin

Liite 2 Banaaniliitin

Liite 3 Piikkirima yksirivinen

Liite 4 Piikkirima kaksirivinen

Liite 5 Painokytkin

Liite 6 Vaihtokytkin

Liite 7 Testineulat ja rungot

Liite 8 Ohjuritappi

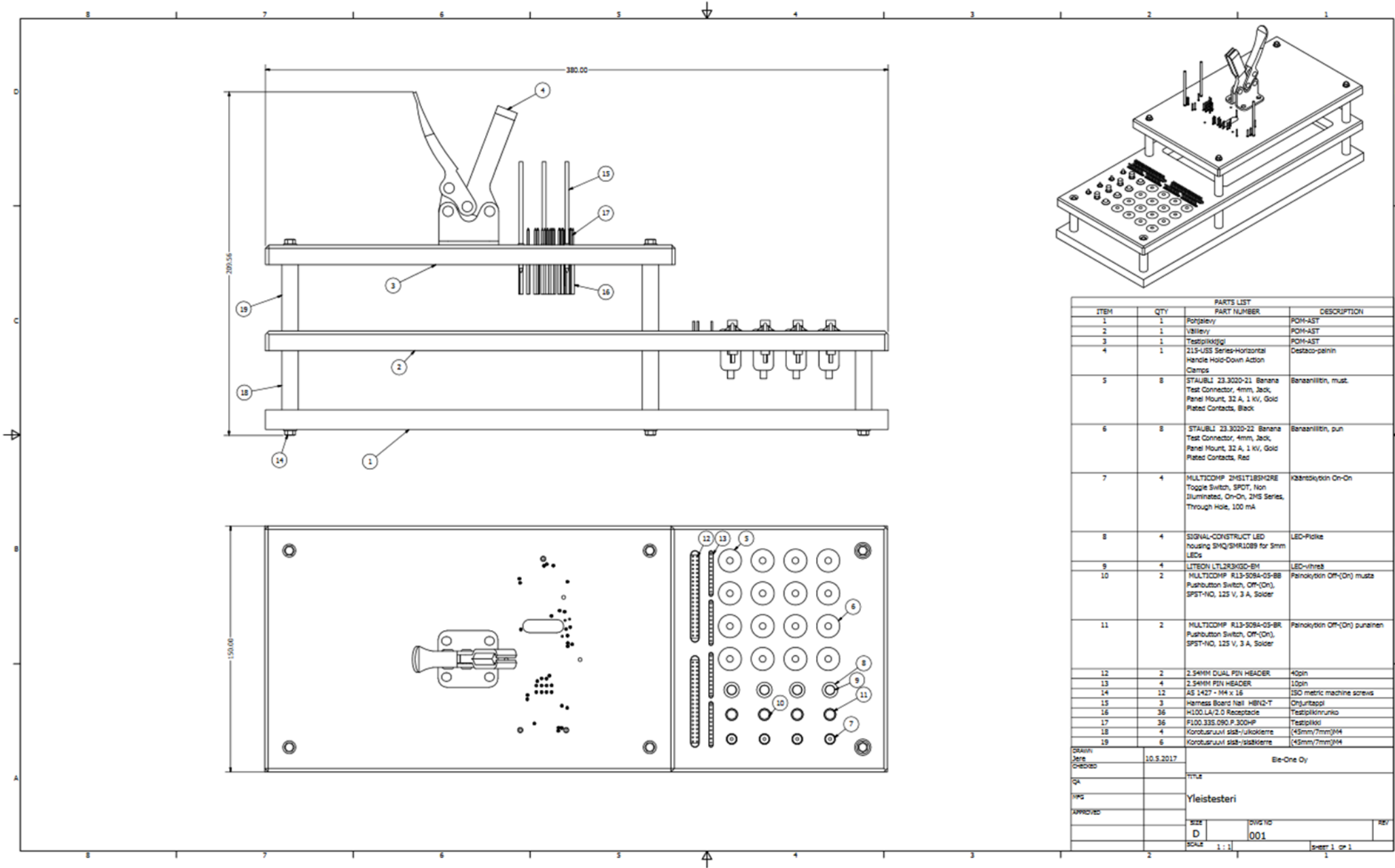
Liite 9 LED

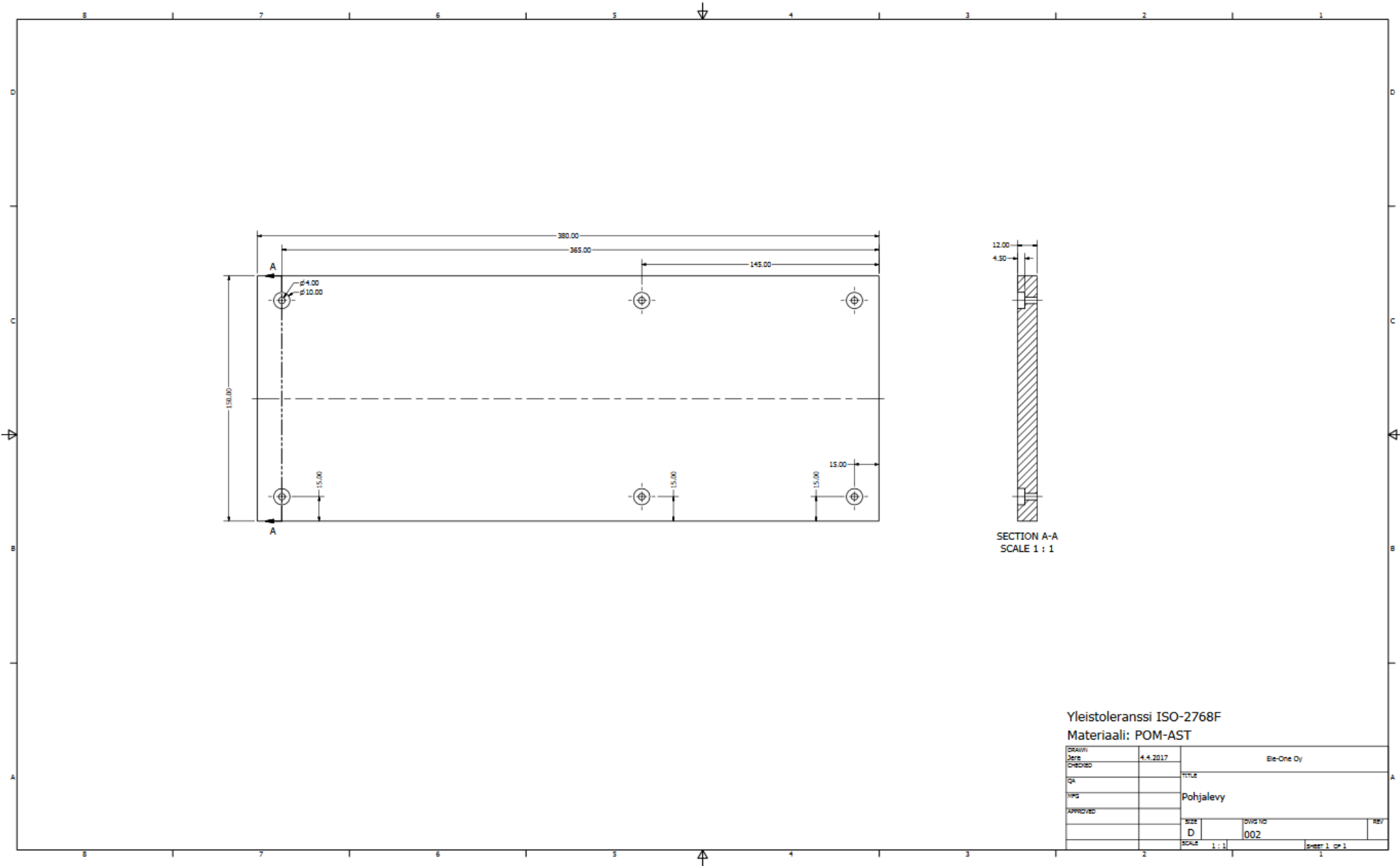
Liite 10 LED-Pidike

Liite 11 Destaco

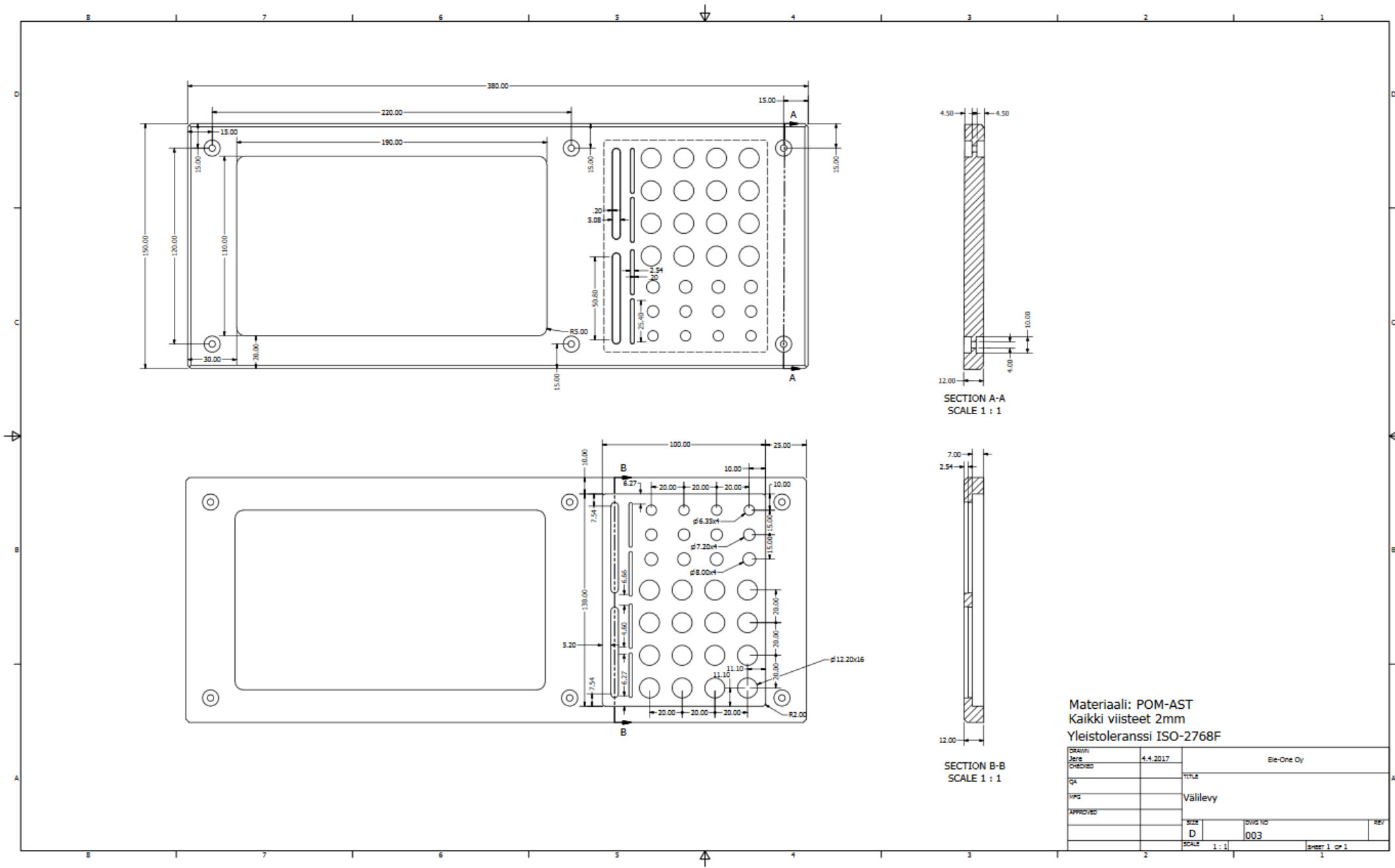
**PIIRUSTUKSET YLEISTESTERIIN**

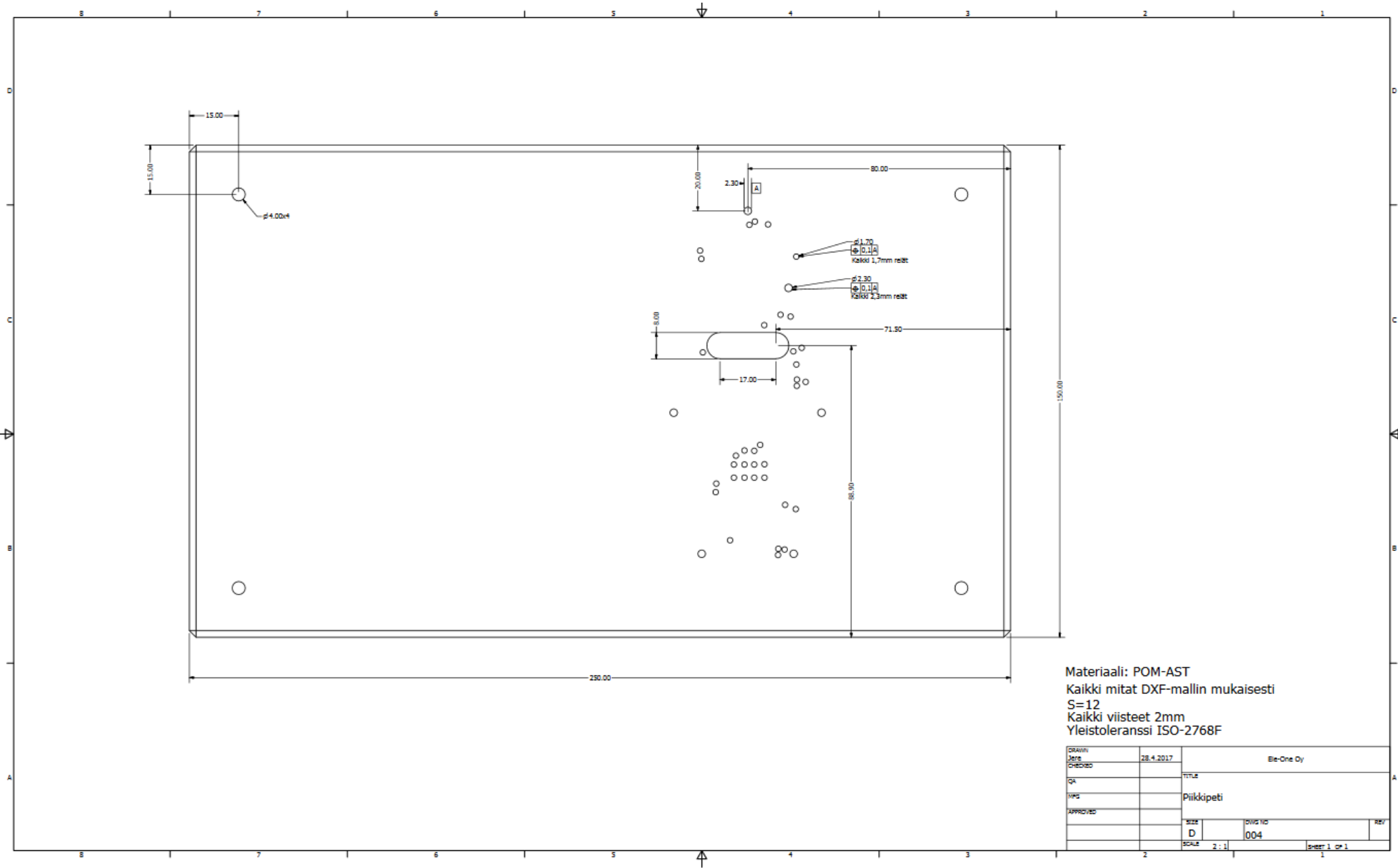
001.....	Pääkokoonpano.....	(A4)
002.....	Pohjalevy.....	(A4)
003.....	Välilevy.....	(A4)
004.....	Piikkipeti.....	(A4)
005.....	Epäkeskopuristin kokoonpano.....	(A4)

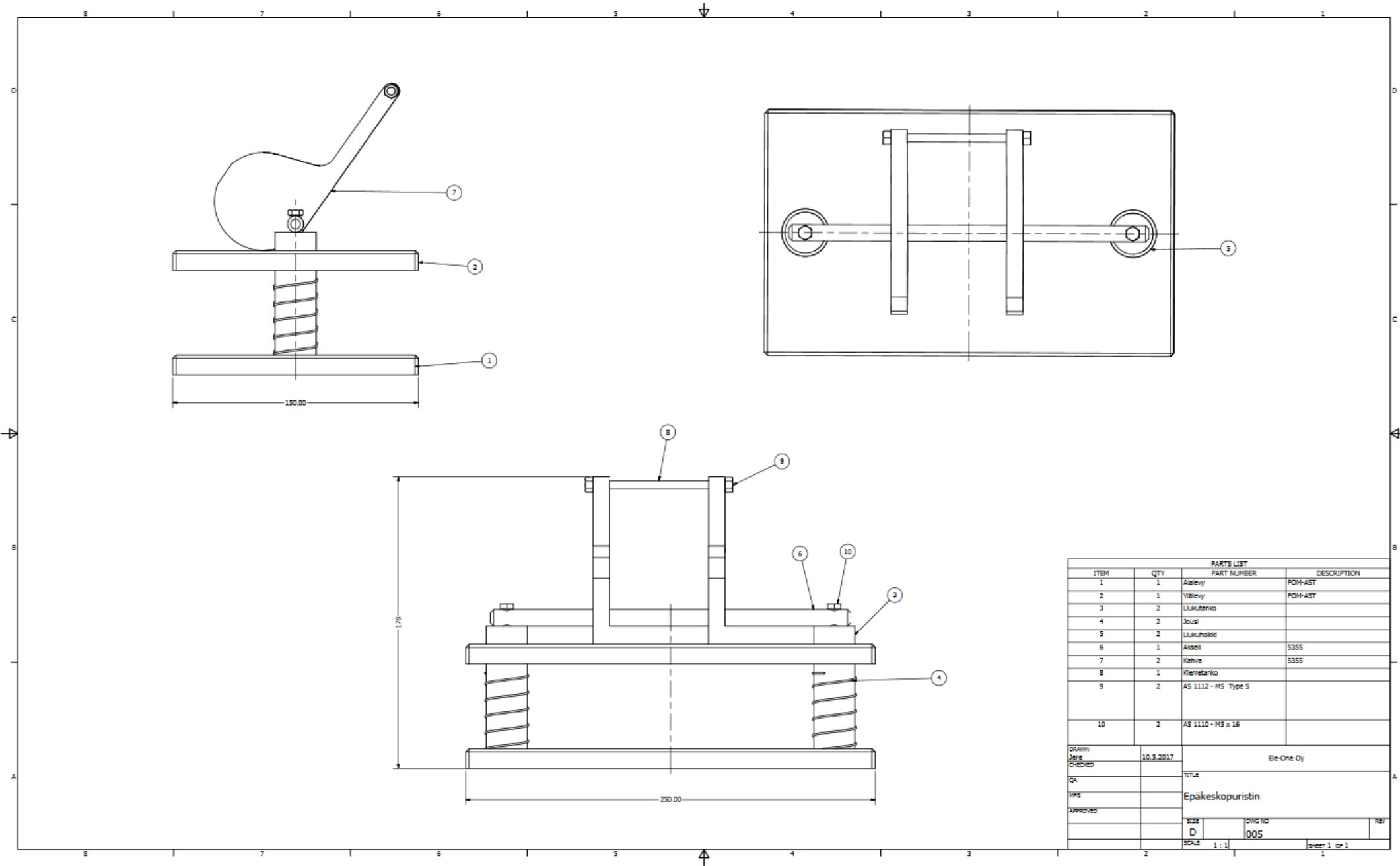












STAUBLI 23.3020-21 Banana Test Connector. Premier Farnell Limited. Saatavissa: <http://fi.farnell.com/staubli/23-3020-21/socket-4mm-32a-panal-black-pk5/dp/1085483?CMP=i-bf9f-00001000>

Hakupäivä 24.5.2017.

## Multi-Contact



### Ø 4 mm-Einbaubuchsen

### Ø 4 mm Panel-mount Sockets

### Douilles Ø 4 mm à visser

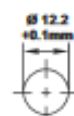
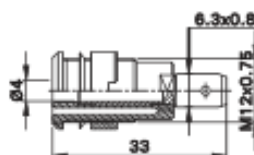
#### SLB4-F6,3 SLB4-F6,3/N-X



Isolierte, starre Ø 4 mm-Buchsen, geeignet zur Aufnahme federnder Ø 4 mm-Stecker mit starrer Isolierhülse. Messingdrehteil, vernickelt oder vergoldet. Montage durch Festschrauben in Bohrungen von Platten oder Gehäusen aus Kunststoff, Metall etc. **Anschluss: Flachstecker 6,3 mm x 0,8 mm.**

Insulated Ø 4 mm rigid sockets accepting spring-loaded Ø 4 mm plugs with rigid insulating sleeve. Machined brass, nickel- or gold-plated. The socket is screwed into predrilled panels of plastic, metal etc. **Flat connecting tab 6.3 mm x 0.8 mm.**

Douilles rigides Ø 4 mm, adaptées à la connexion de fiches Ø 4 mm élastiques à fourreau rigide. Laiton décollé, nickelé ou doré. A visser dans des perçages de panneaux ou de boîtiers plastiques, métalliques... **Raccord plat 6,3 mm x 0,8 mm.**



Montagebohrung  
Panel drilling  
Perçage de panneau



Typ Type Type	Best.-Nr. Order No. N° de Cde	Bemessungsspannung / -strom Rated voltage / current Tension / intensité assignée	Mitgeliefertes Montagmaterial Supplied assembly material Matériel de fixation livré		*Farben *Couleurs *Couleurs
SLB4-F6,3	23.3060-*	1000 V, CAT III / 32 A	1x MUR/M12x0,75 (→ 190) 1x SSP4 (→ 190)	Au	20 21 22 23 24 25 26 27 28 29
SLB4-F6,3/N-X	49.7046-*	1000 V, CAT III / 32 A	1x MUR/M12x0,75 (→ 190)	Ni	20 21 22 23 24 25 26 27 28 29

Zubehör	Accessories	Accessoires
Rohrschlüssel: SS2, SS425 (→ Seite 192) Flachsteckhülse: FSH6,3x0,8 (→ Seite 192)	Tube spanners: SS2, SS425 (→ page 192) Flat connecting receptacle: FSH6,3x0,8 (→ page 192)	Clés spéciales : SS2, SS425 (→ page 192) Cosse plate : FSH6,3x0,8 (→ page 192)

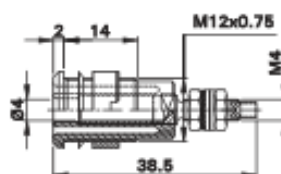
#### SLB4-G SLB4-G/N-X



Isolierte, starre Ø 4 mm-Buchsen, geeignet zur Aufnahme federnder Ø 4 mm-Stecker mit starrer Isolierhülse. Messingdrehteil, vernickelt oder vergoldet. Montage durch Festschrauben in Bohrungen von Platten oder Gehäusen aus Kunststoff, Metall etc. **Anschluss: Gewindebolzen M4 und Lötloch.**

Insulated Ø 4 mm rigid sockets accepting spring-loaded Ø 4 mm plugs with rigid insulating sleeve. Machined brass, nickel- or gold-plated. The socket is screwed into predrilled panels of plastic, metal etc. **Connection: Threaded bolt M4 and soldering hole.**

Douilles rigides Ø 4 mm, adaptées à la connexion de fiches Ø 4 mm élastiques à fourreau rigide. Laiton décollé, nickelé ou doré. A visser dans des perçages de panneaux ou de boîtiers plastiques, métalliques... **Raccord: Embout fileté M4 et fût à souder.**



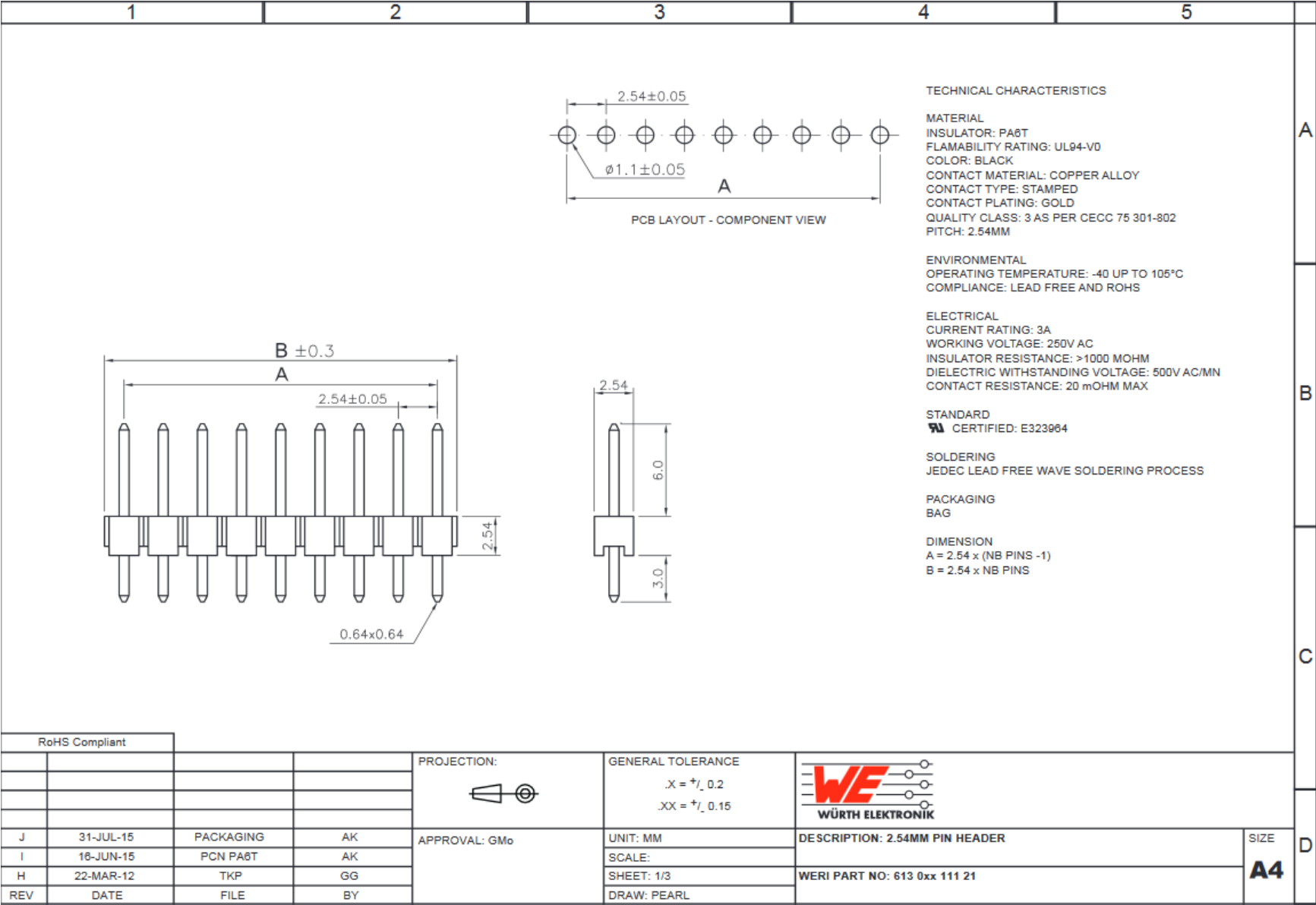
Montagebohrung  
Panel drilling  
Perçage de panneau



Typ Type Type	Best.-Nr. Order No. N° de Cde	Bemessungsspannung / -strom Rated voltage / current Tension / intensité assignée	Mitgeliefertes Montagmaterial Supplied assembly material Matériel de fixation livré		*Farben *Couleurs *Couleurs
SLB4-G	23.3020-*	1000 V, CAT III / 32 A	1x MUR/M12x0,75 (→ 190), 1x SSP4 (→ 190) 2x MU0,8D/M4 (→ 189), 2x U/M4 (→ 190), 1x FS/M4 (→ 189)	Au	20 21 22 23 24 25 26 27 28 29
SLB4-G/N-X	49.7043-*	1000 V, CAT III / 32 A	1x MUR/M12x0,75 (→ 190) 2x MU0,8D/M4N (→ 189)	Ni	20 21 22 23 24 25 26 27 28 29

Zubehör	Accessories	Accessoires
Rohrschlüssel: SS2, SS425 (→ Seite 192)	Tube spanners: SS2, SS425 (→ page 192)	Clés spéciales : SS2, SS425 (→ page 192)

2.54mm THT Pin Header WR-PHD. Würth Elektronik GmbH & Co. Saatavissa: [http://katalog.we-on-line.com/en/em/PHD\\_2\\_54\\_THT\\_PIN\\_HEADER\\_6130XX11121?sid=41c080d94a](http://katalog.we-on-line.com/en/em/PHD_2_54_THT_PIN_HEADER_6130XX11121?sid=41c080d94a) Hakupäivä 24.5.2017.



2.54mm THT Dual Pin Header WR-PHD. Würth Elektronik GmbH & Co. Saatavissa: [http://katalog.we-on-line.com/en/em/PHD\\_2\\_54\\_THT\\_DUAL\\_PIN\\_HEADER\\_6130XX21121?sid=41c080d94a](http://katalog.we-on-line.com/en/em/PHD_2_54_THT_DUAL_PIN_HEADER_6130XX21121?sid=41c080d94a) Hakupäivä 24.5.2017.

1

2

3

4

5

PCB LAYOUT - COMPONENT VIEW

0.64x0.64

5.08

2.54

6.0

3.0

TECHNICAL CHARACTERISTICS

MATERIAL

INSULATOR: PA6T

COLOR: BLACK

CONTACT MATERIAL: COPPER ALLOY

CONTACT TYPE: STAMPED

CONTACT PLATING: GOLD

QUALITY CLASS: 3 AS PER CECC 75 301-802

PITCH: 2.54MM

ENVIRONMENTAL

OPERATING TEMPERATURE: -40 UP TO 105°C

FLAMABILITY RATING: UL94-V0

COMPLIANCE: LEAD FREE AND ROHS

ELECTRICAL

CURRENT RATING: 3A

WORKING VOLTAGE: 250V AC

INSULATOR RESISTANCE: >1000 MOHM

DIELECTRIC WITHSTANDING VOLTAGE: 500V AC/MN

CONTACT RESISTANCE: 20 mOHM MAX

STANDARD

CERTIFIED: E323964

SOLDERING

JEDEC LEAD FREE WAVE SOLDERING PROCESS

PACKAGING

BAG

DIMENSION

A = 2.54 x (NB PINS/2 - 1)

B = 2.54 x (NB PINS/2)

RoHS Compliant

PROJECTION:

GENERAL TOLERANCE

.X = +/\_ 0.2

.XX = +/\_ 0.15

WÜRTH ELEKTRONIK

APPROVAL: Gmo

UNIT: MM

SCALE:

SHEET: 1/3

DRAW: PEARL

DESCRIPTION: 2.54MM DUAL PIN HEADER

WERI PART NO: 613 0xx 211 21

SIZE

A4

I16-JUN-15PCN PA6TAK

H26-NOV-13MATERIAL UPDATEQL

REVDATFILEBY

MULTICOMP R13-509A-05-BB Pushbutton Switch. Premier Farnell Lim-ited. Saatavissa: <http://fi.farnell.com/multicomp/r13-509a-05-bb/switch-spst-no-mom-black-3a/dp/1634682?MER=sy-me-pd-mi-alte> Hakupäivä 24.5.2017

## Pushbutton Switches

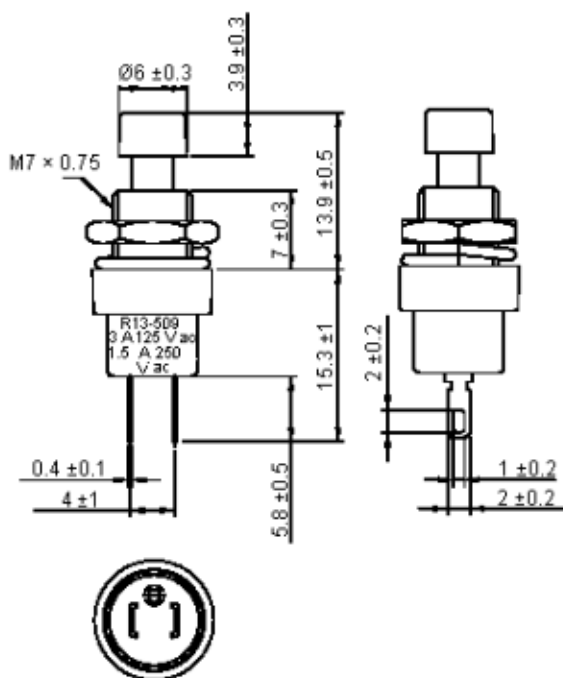
**multicomp**



### Features:

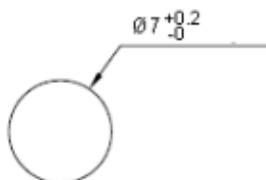
- Frame : Nylon 66, black
- Actuator : Nylon 66
- Printed : None

**R13-509A-05-BB and R13-509A-05-BR**



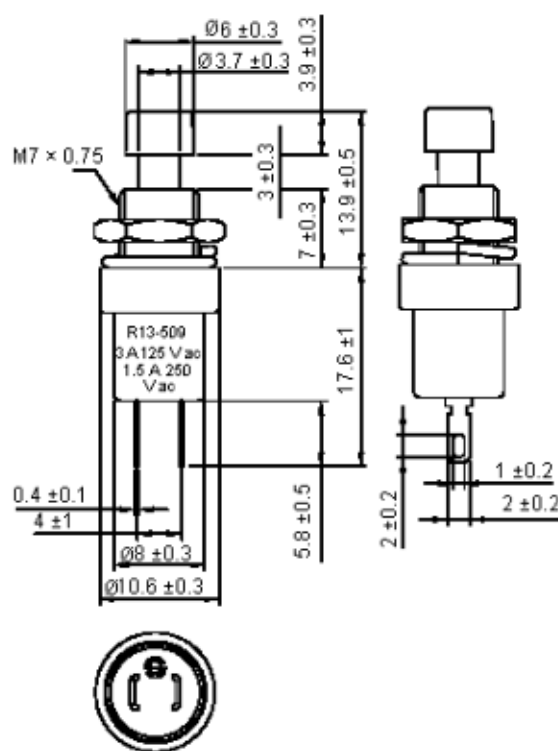
Mounting Hole

Circuit Diagram



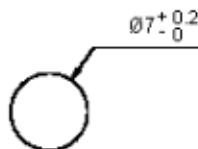
Dimensions : Millimetres

**R13-509B-05-BB**



Mounting Hole

Circuit Diagram



Dimensions : Millimetres

MULTICOMP 2MS1T1B5M2RE Toggle Switch. Premier Farnell Limited. Saatavissa: <http://fi.farnell.com/multicomp/2ms1t1b5m2re/switch-spdt-0-1a-20v-on-on/dp/9473041?CMP=i-bf9f-00001000> Hakupäivä 24.5.2017.

## Toggle Switches

### Sub-Miniature



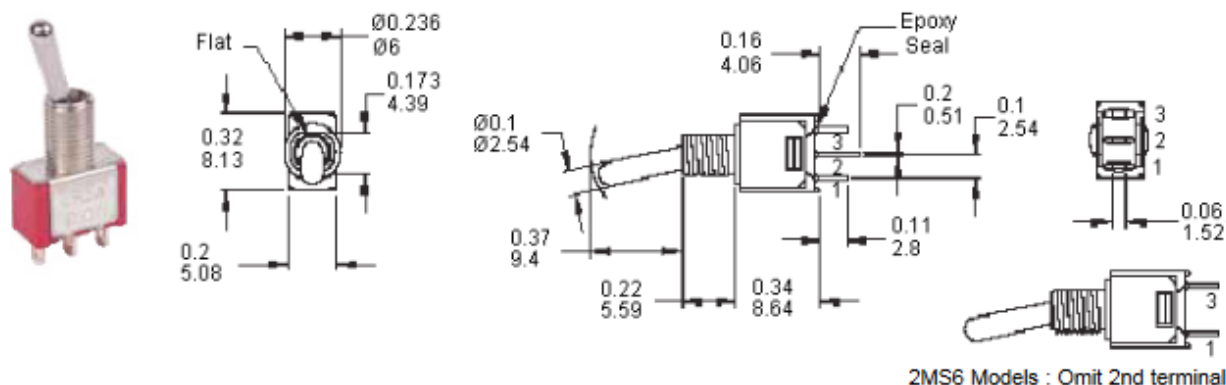
#### Switch Function

Number of Poles	UL / CSA Model Number	Model Number	Switch Function			Connected Terminals / Schematic		
			Position 1	Position 2	Position 3	Position 1	Position 2	Position 3
SP	Q2211	2MS1	On	None	ON	2 to 3	N/A	2 to 1
	Q2212	2MS2			MOM			
	Q2213	2MS3		Off	ON		Open	
DP	Q2221	2MD1	On	None		2 to 3, 5 to 6	N/A	2 to 1, 5 to 4
	Q2223	2MD3		Off			Open	

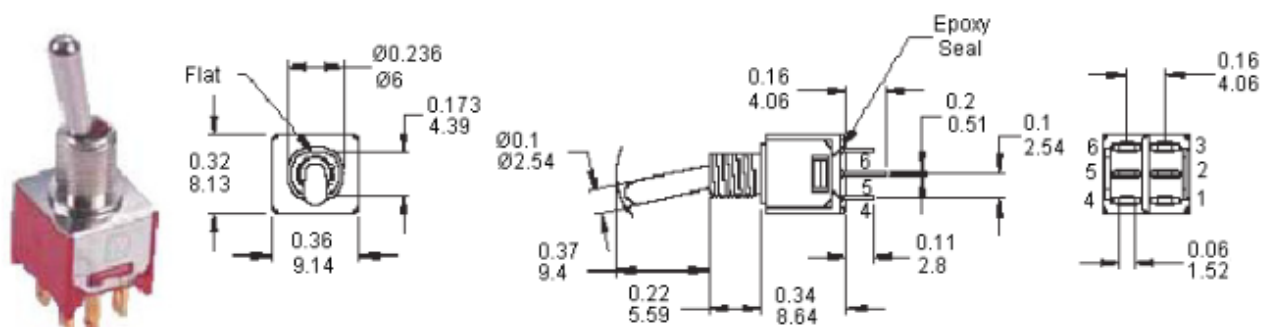
MOM = Momentary

#### Pole Options

##### SPDT



##### DPDT





ICT/FCT Probes. 2015. Datalehti, s. 26 - 28. Feinmetal.

## ICT/FCT Probes

### F100

#### Standard Probe 100 mil

Centers (mm/mil)	2,54 / 100
Current	5,0 A
Temperature	-20°C...+80°C
R typically	30 mOhm

#### Spring Force (cN ±20%)

Version	Preload	Nominal
HP	70	100
HP	75	130
HP	110	150
HP	130	200
HP	200	300
HPL	75	130
HPL	130	200
HPL	200	300
HPRPL	200	300
L	40	100
L	80	150
L	80	200
L	150	300
Mint-Pin	40	100
Mint-Pin	80	150
Mint-Pin	60	225
RP	40	100
RP	80	150
standard	30	60
standard	40	100
standard	80	150
standard	80	200
standard	150	300
standard	180	400

#### Travel (mm)

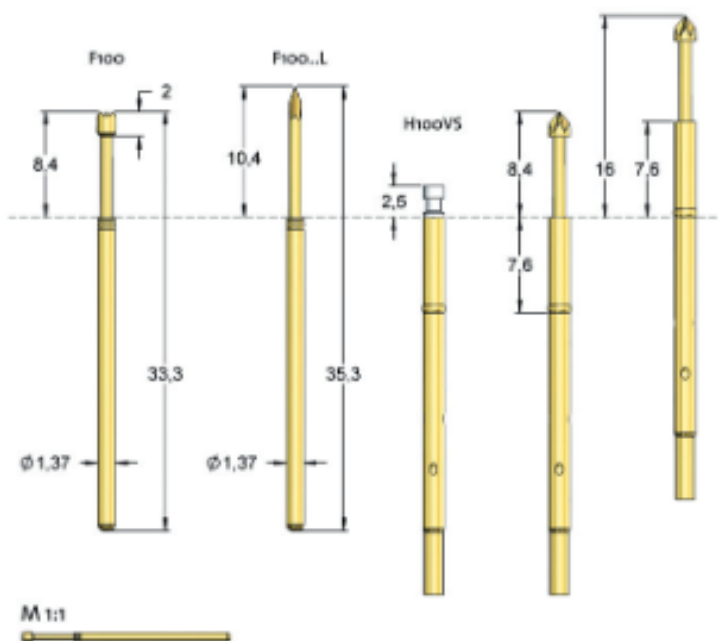
Version	Nominal	Maximum
standard	4,3	6,4
Pointing Accuracy		+0,08 mm

#### Materials and Plating

Plunger	see tip style
Barrel	Nickel silver, gold plated
Spring	Musik wire, silver plated Stainless steel, unplated
Receptacle	Nickel silver, Gold plated

#### Drill Size (mm)

Press ring as stop	1,67 - 1,68
Press ring inserted	1,70 - 1,75



The F100 is the most common probe for 100 mil applications.  
Further receptacles see „Receptacles H100“. H-Versions on request.  
IK-Versions see at Overview Insulation caps.

Tip Style	Number	Material	Plating	Ø in mm	Version
	05	B	G	1,50	-
	06	B	G	1,30	-
	06	B	G	1,50	-
	06	B	G	1,50	L
	06	B	G	2,00	-
	06	B	P	2,00	HP
	06	B	G	2,50	-
	06	B	G	3,00	-
	06	B	G	3,10	Mint-Pin
	06	B	G	4,00	-
	07	S	L	1,50	-
	10	S	L	0,60	RP
	10	S	P	0,60	RP
	11	B	G	0,50	-
	11	B	G	0,64	-
	11	B	G	0,90	-
	11	B	G	0,90	L
	12	B	G	1,50	-
	14	B	G	1,30	-
	14	B	G	1,50	-
	14	S	L	1,30	-

ICT/FCT Probes. 2015. Datalehti, s. 26 - 28. Feinmetal.

## ICT/FCT Probes



### F100

#### Standard Probe 100 mil

##### Accessories

Insertion tool probe	FDWZ-100
Insertion tool receptacle	FEWZ-100EV
Insertion tool receptacle	FEWZ-100EO
Plug lock	HI100VS

##### Projection Height (mm)

(F100) HI100../10.0	8,4 - 18,4
(F100) HI100../7.6	8,4 - 16,0
(F100) HI100../2.0	8,4 - 10,4
(F100) HI100WW10/2.0S1	11,4 - 13,4
(F100) HI100WW10/2.0S2	16,4 - 18,4
(F100..L) HI100../10.0	10,4 - 20,4
(F100..L) HI100../7.6	10,4 - 18,0
(F100..L) HI100../2.0	10,4 - 12,4
(F100..L) HI100WW10/2.0S1	13,4 - 15,4
(F100..L) HI100WW10/2.0S2	18,4 - 20,4

Type	Tip Ø	Spring Force
F100 33 S 090 P 300 HP		
Tip Style	Material	Finish
Material:	B = BiCu, S = Steel	
Tip Ø:	090 = 0.9 mm (avg.)	
Finish:	G = Gold, L = Longline Gold plated, P = Functional coating, Ni = Nickel, R = Rhodium	
Special Version:	B = „Banana Shaped“, H = High Temperature, HP = Progressive Series, IK = Insulating cap, L = Long Version, RP = „Robbing Plunger“	
Receptacle:	Order Code according drawing	

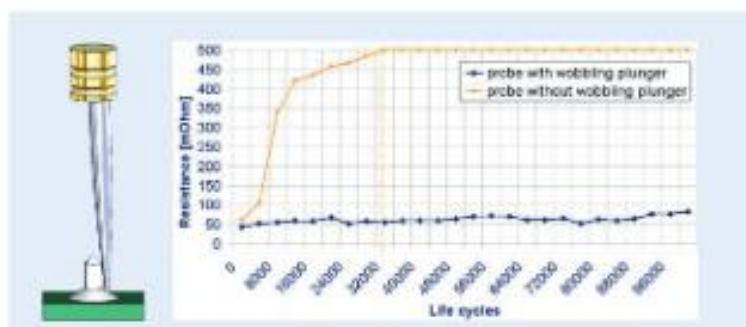
#### ORDER EXAMPLE

### F100...RP

#### Wobbling Plunger for Contacting Soldered Pins

The deflection of a wobbling plunger substantially exceeds the function of the flexible needle. The special design of the plunger enables plunger deflections without notable abrasion. High level stress tests with plunger deflexion up to 0.8 mm have resulted in outstanding electrical performance and life time of the probe. The diagram shows the comparison to a conventional probe without wobbling plunger.

Tip Style	Number	Material	Plating	Ø in mm	Version
	14	S	L	1,50	-
	14	S	P	1,50	HP
	15	B	G	1,50	-
	15	B	G	1,50	L
	15	B	G	1,70	-
	17	B	G	1,50	-
	17	B	G	2,00	-
	18	B	G	0,90	-
	21	S	L	0,90	-
	21	S	L	0,90	L
	21	S	P	0,90	HP
	21	S	P	0,90	HPL
	30	B	G	0,90	-
	32	S	P	0,90	HP
	32	S	P	0,90	HPL
	33	S	L	0,90	-
	33	S	L	0,90	HP
	33	S	L	0,90	L
	33	S	P	0,90	HP
	33	S	P	0,90	HPL
	35	S	L	1,50	-
	36	S	L	1,30	-
	37	S	L	0,50	-
	38	S	L	0,90	-
	43	S	L	0,90	-
	43	S	P	0,90	HP
	43	S	P	0,90	HPL
	55	B	G	1,80	-
	55	B	G	1,80	L
	62	B	G	0,90	-
	62	S	P	0,90	HP
	62	S	P	0,90	HPL
	63	B	G	1,50	-



ICT/FCT Probes. 2015. Datalehti, s. 26 - 28. Feinmetal.

## ICT/FCT Probes

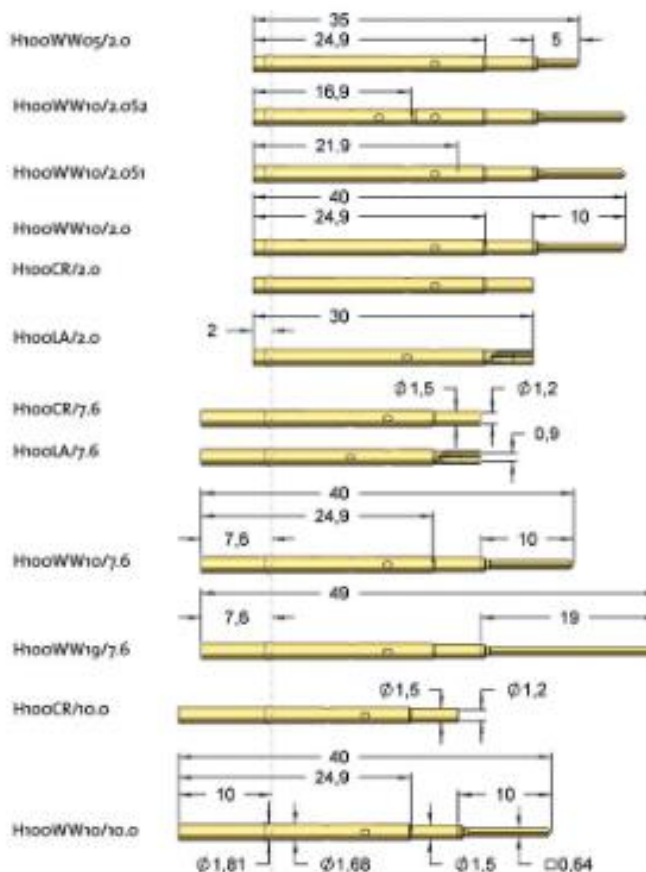
### H100

#### Receptacles for 100 mil Centers

For probes F100, F588 and F585 different receptacles are available with different connection types (e.g. LA, CR, WW), different press ring positions and different wire-wrap posts. Adequate insertion tools are available. The right tool for flush insertion is FEWZ-100EQ. The tools for fix projection heights are FEWZ-100Exx. For variable projection heights the tool FEWZ-100EV is appropriate.

Plug locks H100VS can be used to close empty receptacles in order to prevent false assemblies and to avoid contamination.

A special receptacle with spring loaded contact pin (H100WL11/7.6) enables wireless contacting of conductor paths. Additionally a receptacle with preassembled wire AWG26 is available as H100L/7.6.



#### Material and Plating

Nickel silver, gold plated

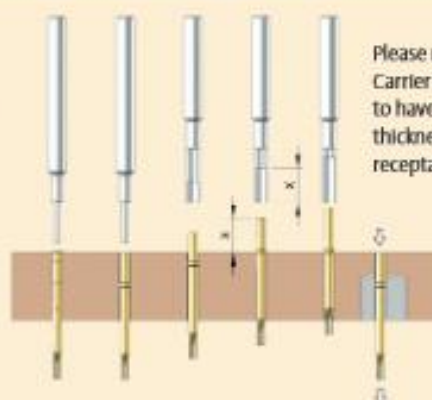
Centers (mm/mil) 2,54 / 100

#### Drill Size H100 (mm)

press ring as stop 1,67 - 1,68  
press ring inserted 1,70 - 1,75

Type	Length of Wire Wrap Pin
H100 WW 10 / 7.6	
Connection Type	Press Ring Position
Connection Types	CR = Crimp connection LA = Solder connection WW = Wire Wrap connection L = Stranded wire WL = Spring loaded connection
Length of Wire Wrap Pin	e.g. 10 - 10,0mm
Press Ring Position	e.g. 7.6 - 7,5mm
ORDER EXAMPLE	

Appropriate tools are available for each type of receptacle.



Please note: Carrier plates need to have a certain thickness to hold receptacles tight.

#### Projection Height (mm)

	H100.../10.0	H100.../7.6	H100.../2.0	H100WW10/2.0S1	H100WW10/2.0S2
F100 / F585	8,4 - 18,4	8,4 - 16,0	8,4 - 10,4	11,4 - 13,4	16,4 - 18,4
F100...L / F585...L	10,4 - 20,4	10,4 - 18,0	10,4 - 12,4	13,4 - 15,4	18,4 - 20,4
F588...S	12,4 - 22,4	12,4 - 20,0	12,4 - 14,4	15,4 - 17,4	20,4 - 22,4
F588	14,1 - 24,1	14,1 - 21,7	14,1 - 16,1	17,1 - 19,1	22,1 - 24,1

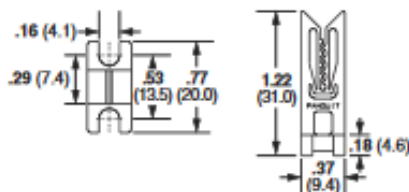
HBN2-T Panduit. Mouser Electronics, Inc. Saatavissa: <http://www.mouser.fi/ProductDetail/Panduit/HBN2-T/?qs=sGA-EpiMZZMt5bLT1twLkemDRIYFXm9gEI5TFrljYvEM%3d> Hakupäivä 24.5.2017.

# PANDUIT® ELECTRICAL SOLUTIONS

## Wire End Holder

- Secures wire ends while harness is being fabricated
- Used with #28 thru #16 AWG wires

- For indoor use only

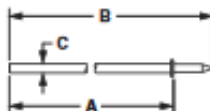


Part Number	Material	Color	Mounting Method	Std. Pkg. Qty.	Std. Ctn. Qty.
WEH-E8-C	Acetal	Black	Two #8 (M4) Screws	100	1000

## Harness Board Nails

- Speed routing of wires
- Uniform driving depth is insured by a collar stop

- Smooth finish on nails prevents abrasion to wire jackets
- For indoor use only



Part Number	Length A		Overall Length B		Thickness C		Material	Mounting Method	Std. Pkg. Qty.	Std. Ctn. Qty.
	In.	mm	In.	mm	In.	mm				
HBN.75-T	.75	19.1	1.40	35.6	.07	1.9	Nickel Plated Steel	Hammered into harness board	200	1000
HBN1-T	1.00	25.4	1.65	41.9	.07	1.9			200	1000
HBN1.5-T	1.50	38.1	2.16	54.9	.08	2.1			200	1000
HBN2-T	2.00	50.8	2.66	67.6	.09	2.4			200	1000
HBN2.5-T	2.50	63.5	3.16	80.3	.11	2.8			200	1000
HBN3-T	3.00	76.2	3.67	93.2	.12	3.0			200	1000
HBN4-T	4.00	101.6	4.67	118.6	.14	3.7			200	1000

A.  
System  
OverviewB1.  
Cable TiesB2.  
Cable  
AccessoriesB3.  
Stainless  
Steel TiesC1.  
Wireing  
DuctC2.  
Surface  
RacewayC3.  
Abrasion  
ProtectionC4.  
Cable  
ManagementD1.  
TerminalsD2.  
Power  
ConnectorsD3.  
Grounding  
ConnectorsE1.  
Labeling  
SystemsE2.  
LabelsE3.  
Pre-Printed  
& Write-On  
MarkersE4.  
Permanent  
IdentificationE5.  
Lockout/  
Tagout  
& Safety  
SolutionsE.  
Index



LTL2R3KGD-EM LITEON – LED. Transfer Multisort Elektronik Sp. Saatavissa: <http://www.tme.eu/fi/details/ltl2r3kgd-em/led-tht-5mm-diodit/liteon/> Hakupäivä 24.5.2017.

# LITEON

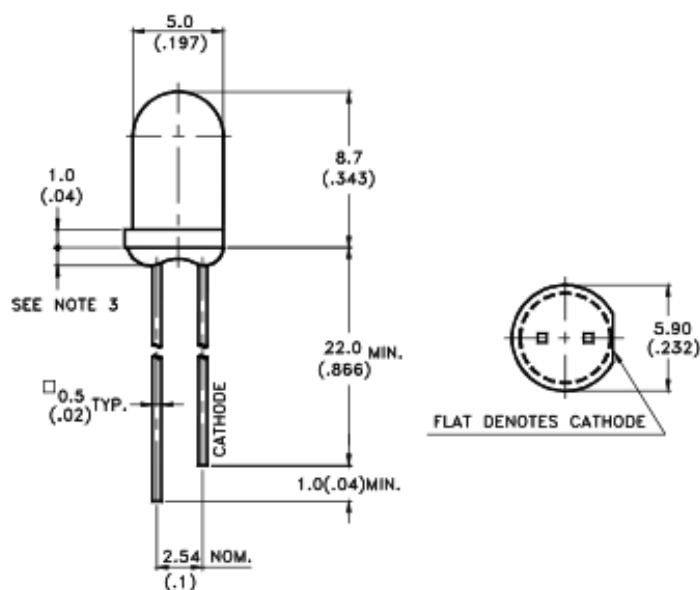
## LITE-ON TECHNOLOGY CORPORATION

Property of Lite-On Only

### Features

- \* Lead (Pb) free product – RoHS compliant.
- \* High luminous intensity output.
- \* Low power consumption.
- \* High efficiency.
- \* Versatile mounting on P.C. board or panel.
- \* I.C. Compatible/low current requirements.
- \* This is full bins product.

### Package Dimensions



Part No.	Lens	Source Color
LTL2R3KGD-EM	Green Diffused	AlInGaP Green

### Notes:

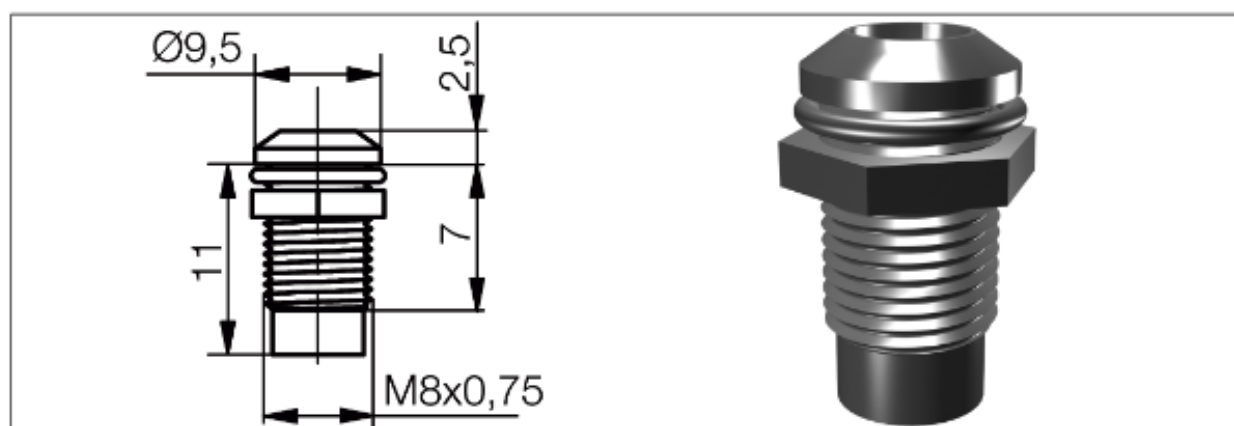
1. All dimensions are in millimeters (inches).
2. Tolerance is  $\pm 0.25\text{mm} (.010")$  unless otherwise noted.
3. Protruded resin under flange is 1.0mm(.04") max.
4. Lead spacing is measured where the leads emerge from the package.
5. Specifications are subject to change without notice.

SMQ1 089 SIGNAL-CONSTRUCT - LED-pidike. Transfer Multisort Elektronik Sp. Saatavissa: <http://www.tme.eu/fi/de-tails/smq1089/kannattimet/signal-construct/smq1-089/> Hakupäivä 24.5.2017.



LED-Gehäuse SMQ/SMR1089 für 5mm LEDs

LED housing SMQ/SMR1089 for 5mm LEDs



### Spezifikation

Metallgehäuse mit Außenreflektor für Schraubbefestigung M8x0,75mm. Das benötigte Befestigungsmaterial ist montiert. LED wird in das Isolierteil gesteckt und von der Rückseite in das Gehäuse eingepresst. Einbau-Öffnung: Ø8+0,2mm

### Specification

Metal housing with outside reflector for screw fastening M8x0,75mm. The required mounting material is mounted. The LED is set in the insulating part and pressed from the back into the housing. Mounting-hole: Ø8+0,2mm

Materialien		Material	
Teil	Material	Part	Material
Gehäuse	Messing verchromt	Housing	Brass chromium plated
Isolierteil	PA6.6	Insulating part	PA6.6
Mutter	Messing vernickelt	Nut	Brass nickel plated
Unterlegling	FE vernickelt	Washer	FE nickel plated
Betriebstemperatur	n.a.	Operation Temperature	n.a.
Lagertemperatur	n.a.	Storage Temperature	n.a.

### Optionen

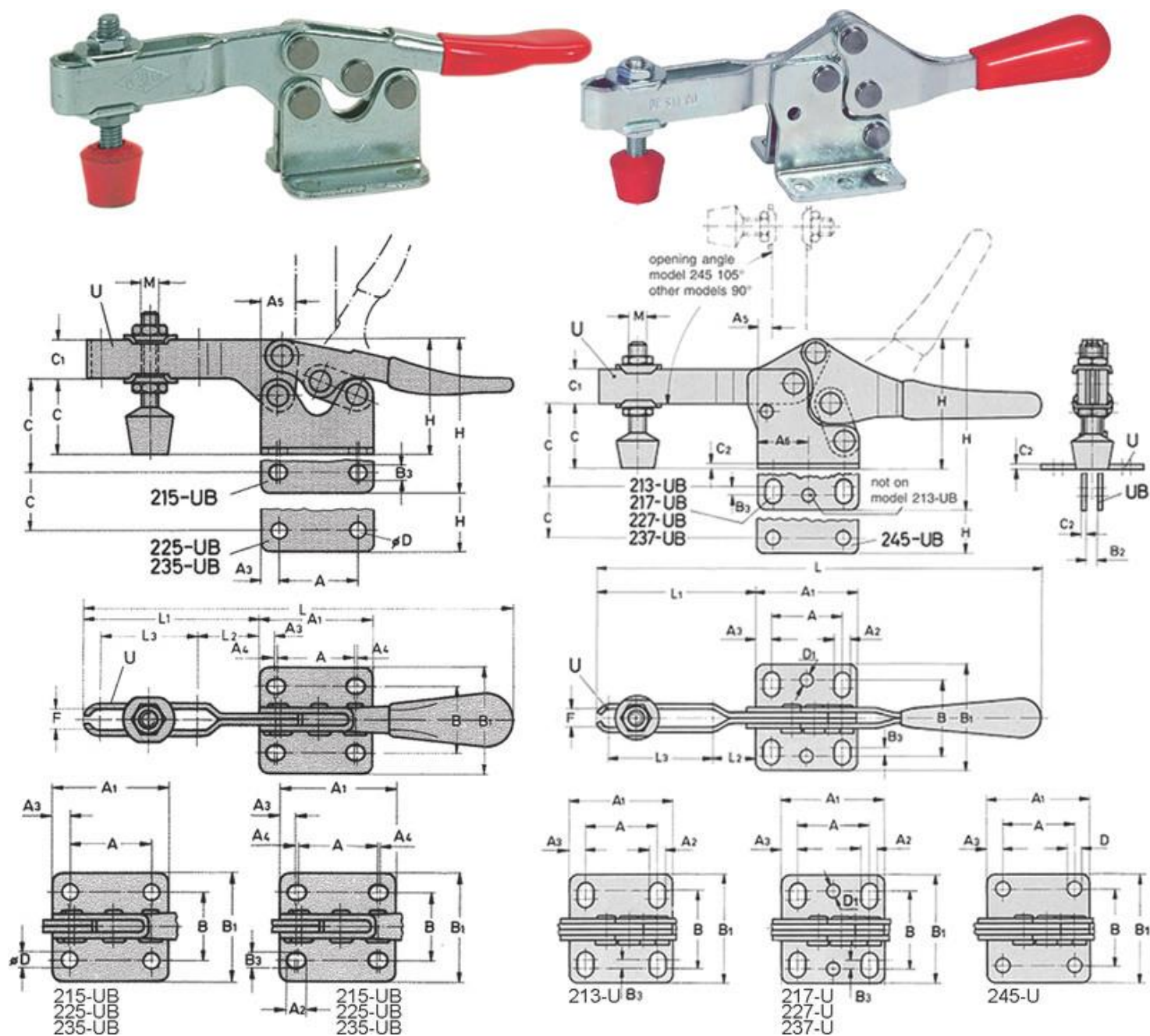
Gehäuse mattchrom  
Als Version mit Innen-Reflektor-Gehäuse lieferbar siehe 855-SMZ1089  
Auch mit LED und integriertem Vorwiderstand (optional)

### Options

Housing frosted chromium  
Also available as version with inside reflektor reference 855-SMZ1089  
Also with LED and integrated resistor (option)

Artikel/ Part		Artikel-Text	Part-Text
Spannung Voltage	Farbe Color	Info	Leistung Power
SMQ1089		Gehäuse mit Außenreflektor für 5mm LEDs	Housing with outside refl. for 5mm LEDs
		glanzchrom / shining chromium	
SMR1089		Gehäuse mit Außenreflektor für 5mm LEDs	Housing with outside refl. for 5mm LEDs
		schwarzchrom / black chromium	

Vaakapuristimet DESTACO. Teräskonttori Oy. Saatavissa: <http://www.netkonttori.fi/tuotteet/11857692/vaakapuristi-met-destaco> Hakupäivä 24.5.2017.



Vaakapuristimet DESTACO. Teräskonttori Oy. Saatavissa: <http://www.netkonttori.fi/tuotteet/11857692/vaakapuristimet-destaco> Hakupäivä 24.5.2017.

Malli	A	A1	A5	B	B1	B3	C	D	D1	F	H	L	L1
205-U	16	24	4,3	15,6	24	-	8	-	-	4,5	17	68	19
205-S	16	24	4,3	15,6	24	-	9,5	24	-		17	71	21
215-U	25,5	5,9	0,8	22	5,1	-	25	-	-	7	38	141	57
215-UB	25,5	5,9	0,8	-	5,1	-	30	-	-	7	50	141	57
225-U	25,4	-	-	22,2	-	-	35	6,5	-	9	48	171	69
225-UB	25,4	-	-	-	-	-	41	6,5	-	9	60	171	69
235-U	41,2	-	-	41,2	-	-	45	8,1	-	11	64	264	108
213-U	13,5	4,4	-	17,6	-	0,8	18,5	-	-	5,6	35,5	105	35,5
217-U	26	5,5	-	28	-	3	24	-	4,8	6,4	49	164	58
217-UB	26	5,5	-	-	-	3	30	-	4,8	6,4	63	164	58
227-U	26	6,6	-	31	-	2,5	34	-	4,8	8,4	62	188	66
227-UB	26	-	-	-	-	2,5	38	-	4,8	8,4	75	188	66
237-U	41	8,8	-	43	-	2	44,5	-	5,8	10,5	81	270	103
237-UB	41	-	-	-	-	2	53,7	-	5,8	10,5	99	270	103
245-U	41,5	-	-	41,5	-	-	57	8,5	-	13,5	108	312	125